

JP2001-013506\_E

[Title of the Invention]      LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICE  
AND LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICE MANUFACTURING METHOD

[Abstract]

[Object] There is provided a liquid crystal display device having an improved temperature characteristic in a display quality, and a low degradation of the display quality caused by the temperature change, using a hard pillar shaped spacer in small elasticity.

[Solving Means] A liquid crystal display device comprising: a pair of substrates 1 and 2 having transparent electrodes 5 and 6 thereon, a spacer 3 arranged between the pair of the substrate 1 and 2 for maintaining a substrate gap to be constant; and a liquid crystal layer 4 encapsulated between the substrates 1 and 2, in which the spacer 3 is elastic, and for a temperature change within the temperature range available in the liquid crystal display device, a sum of a repulsive force of the spacer 3 and an inner pressure of the liquid crystal layer 4 is always almost 1 pressure, and in addition, inner pressures of the spacer 3 and the liquid crystal layer are linearly changed, respectively.

[Claims]

[Claim 1] A liquid crystal display device having a

pillar shaped spacer arranged between a pair of substrates for maintaining a substrate electrode to be constant, and a liquid crystal layer encapsulated between the substrates, wherein the spacer is elastic; and

wherein, for a temperature change within a temperature range available in the liquid crystal display device, a sum of a repulsive force of the spacer and an inner pressure of the liquid crystal layer is always approximately the same as the atmospheric pressure.

[Claim 2] The liquid crystal display device according to Claim 1,

wherein a sum of the repulsive force of the spacer and the inner pressure of the liquid crystal layer is always approximately the same as the atmospheric pressure, and

wherein the inner pressures of the spacer and the liquid crystal layer are linearly changed, respectively.

[Claim 3] A liquid crystal display device having a pillar shaped spacer arranged between a pair of substrates for maintaining a substrate electrode to be constant, and a liquid crystal layer encapsulated between the substrates,

wherein the spacer is elastic; and

wherein, for a temperature change within a temperature range from the room temperature to the highest operating temperature of the liquid crystal display device, a sum of a repulsive force of the spacer and an inner pressure of the

liquid crystal layer is always approximately the same as the atmospheric pressure.

[Claim 4] The liquid crystal display device according to Claim 3,

wherein a sum of the repulsive force of the spacer and the inner pressure of the liquid crystal layer is always approximately the same as the atmospheric pressure, and

wherein the inner pressures of the spacer and the liquid crystal layer are linearly changed, respectively.

[Claim 5] A liquid crystal display device having a pillar shaped spacer arranged between a pair of substrates for maintaining a substrate electrode to be constant, and a polymer dispersed type liquid crystal layer including a liquid crystal encapsulated between the substrates and a polymer compound,

wherein the spacer is elastic; and

wherein, for a temperature change within a storage temperature range of the liquid crystal display device, a sum of a repulsive force of the spacer and an inner pressure of the liquid crystal layer is always approximately the same as the atmospheric pressure.

[Claim 6] The liquid crystal display device according to Claim 5,

wherein a sum of the repulsive force of the spacer and the inner pressure of the liquid crystal layer is always

approximately the same as the atmospheric pressure, and

wherein the inner pressures of the spacer and the liquid crystal layer are linearly changed, respectively.

[Claim 7] The liquid crystal display device according to any one of Claims 1, 3, and 5,

wherein the spacer is directly formed on at least one side of the pair of substrates through a patterning process.

[Claim 8] The liquid crystal display device according to Claim 7,

wherein the spacer is selected from a group consisting of a polystyrene based polymer compound, an acrylic based polymer compound, a polyester based polymer compound, a silicon based polymer compound, a polycarbonate based polymer compound, a polysiloxane based polymer compound, a polyethylene based polymer compound, a polyurethane based polymer compound, and a combination thereof including any one or more materials

[Claim 9] The liquid crystal display device according to any one of Claims 1, 3, 5, and 7,

wherein the spacer is formed in a tapered shape from one substrate toward the other substrate.

[Claim 10] The liquid crystal display device according to any one of Claims 1, 3, 5, and 7,

wherein the spacer is formed in a perfect hollow construction or a partial hollow construction between the

pair of substrates.

[Claim 11] The liquid crystal display device according to any one of Claims 1, 3, 5, and 7,

wherein the spacer has a longitudinal distribution in a direction perpendicular between the pair of substrates.

[Claim 12] The liquid crystal display device according to Claim 11,

wherein, for the length in the direction perpendicular between the pair of substrates, the spacer has a distribution having a mean and a derivative; and

wherein the derivative is approximately in a range of 3% to 6% of the mean value.

[Claim 13] The liquid crystal display device according to any one of Claims 1, 3, 5, and 7,

wherein formation density of the spacers is in a range of  $5/\text{mm}^2$  to  $200/\text{mm}^2$ .

[Claim 14] The liquid crystal display device according to any one of Claims 1, 3, 5, and 7,

wherein the spacer is formed on a light shielding portion of at least one of the pair of substrates.

[Claim 15] The liquid crystal display device according to any one of Claims 1, 3, 5, and 7,

wherein the inner pressure of the liquid crystal layer is in a range of  $0 \text{ kg/cm}^2$  to  $0.9 \text{ kg/cm}^2$ .

[Claim 16] A liquid crystal display device

manufacturing method, the liquid crystal display device having a pillar shaped spacer arranged between a pair of substrates for maintaining a substrate electrode to be constant, and a liquid crystal layer encapsulated between the substrates, the method comprising:

forming a plurality of spacers on at least one of the pair of substrates, and performing a process to give a predetermined amount of elasticity to the spacer;

forming the liquid crystal layer encapsulated between the pair of substrates having the spacer formed thereon; and

while or after forming the liquid crystal layer, uniformly pressing between the substrates in a pressure of approximately 0.1 kgf/cm<sup>2</sup> to 1.0 kgf/cm<sup>2</sup>.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Technical Field of the Invention]

The present invention relates to a liquid crystal display device and liquid crystal display device manufacturing method for use in, for example, an optical shutter and the like.

[0002]

[Description of the Related Art]

In a conventional liquid crystal display device in combination with a typical twisted nematic liquid crystal

(hereinafter, referred to as a TN liquid crystal) and an active matrix, a TN liquid crystal is interposed between two electrode-attached substrates, a voltage is applied between the substrates, and an alignment state of the liquid crystal molecules varies according to the applied voltage. The liquid crystal molecule has an optical transmission ratio changed according to the alignment state. Like this, the TN liquid crystal uses a scheme in which an optical transmission ratio is controlled by the voltage. The liquid crystal display device includes an active matrix substrate having switching elements and a pixel electrodes formed thereon, the switching element controlling whether or not a voltage is applied, represented as a thin film transistor (hereinafter, referring to as a TFT); a counter substrate; a liquid crystal encapsulated between two substrates; and a polarization plate arranged outside the two substrates. Using the voltage applied between the electrodes formed on the two substrates, the liquid crystal molecule changes an alignment state and changes an optical transmission ratio.

[0003].

However, in the typical liquid crystal display device, when a viewing angle, i.e., an angle to view a screen, is changed, optical rotation of transmission light is changed for an observer, so that a shading state is changed. For example, when seen from a front surface of the perpendicular

direction to the screen displaying white color, i.e., from the normal direction of the screen, an image having a good contrast is shown, while viewing the same screen from a slanted downward direction rather than the normal direction to the screen causes the image to be seen blurred. In addition, when seen from the downward direction, there occurs a so-called gray level inversion phenomenon that inverts shading. In addition, when seen from a slanted upward direction, the image is seen as white. The phenomenon occurs since displaying is performed in a manner such that an electric field is applied to the liquid crystal in a normal direction to the substrate, to lift the liquid crystal molecule based on an electric field direction, to thus control the optical rotation, and that a lifting direction of the liquid crystal molecule is determined. In order to obtain uniformity of a cell thickness, a plurality of fine beads, called as spacers, are scattered, which causes a so-called rough feeling and gives a bad effect on the display quality.

[0004]

In addition, as a method of improving the viewing angle problem, recently, an in-plane switch has drawn an attention. While the conventional liquid crystal display device applies the electric field in the normal direction to the substrate, and control an alignment state of the liquid crystal, as



described above, the in-plane switching controls the liquid crystal in a horizontal direction parallel to the substrate. This method provides a wide viewing angle in principle, and since there is a small change in color, it is considered as the most effective proposal. Like this, the viewing angle of the in-plane liquid crystal display device is significantly larger than the conventional TN type, but there are many light shielding portions such as a common electrode, a source electrode, and a switch electrode, so that an aperture ratio of the pixel is lower than the conventional TN type. For this reason, the bad effect on the display quality given from a plurality of spacer particles scattered to obtain a cell thickness is larger than the convention TN type.

[0005]

To solve these problems and obtain a favorable display quality, several methods are employed such as forming a pillar shaped spacer on a light shield portion on the active matrix substrate on which the switching devices such as TFTs are formed, or forming a pillar shaped spacer on the light shielding portion represented as a black matrix in a pixel portion of a color filter.

[0006]

For the conventional TN type, a construction that renders scattering of the spacer particles unnecessary has

been proposed. For example, Japanese Unexamined Patent Application Publication No. 7-281295 discloses a liquid crystal display device, in which protrusion portions are arranged at both substrates, i.e., the active matrix substrate and a substrate having a color filter formed thereon, and brought in touch with each other to serve as the spacer pillar.

[0007]

For the in-plane switching, Japanese Unexamined Patent Application Publication No. 6-214224 discloses a liquid crystal display device not using a spacer particle. In the liquid crystal display device, both the common electrode and the pixel electrode (source electrode) are formed to stand normal to substrate, and these two electrodes are used as a spacer (pillar), so that the spacer particles are not required.

[0008]

In addition, for a liquid crystal display device having an active matrix type substrate including switching elements such as TFTs in combination with a conventional polymer dispersed type liquid crystal (hereinafter, referred to as PDLC), a liquid crystal layer, in which liquid crystal molecules are dispersed in a droplet shape or a net shape into a polymer compound having a matrix type construction (hereinafter, referred to as a polymer matrix), is inserted

into two substrates having electrodes. While the voltage is applied, two molecule constructions are designed such that a refractive index of a liquid crystal molecule aligned in an applied direction and a refractive index of the polymer matrix are the same. When the voltage is applied, the refractive indices of the liquid crystal molecule and the polymer matrix are the same, so that light incident on the PDLC layer is transmissive light. With respect to this, when the voltage is not applied, an alignment direction of the liquid crystal molecule faces in a disordered direction. For this reason, refractive indices between the polymer matrix and the liquid crystal molecule are typically different. Therefore, light incident on the PDLC layer becomes scattering light. Like this, light incident on the PDLC is switched between a transmitting state and a scattering state according to whether or not the voltage is applied.

[0009]

For the conventional polymer dispersed type liquid crystal display device, a number of fine beads called as spacers are scattered to obtain a cell thickness that performs a favorable display quality. In these polymer dispersed type liquid crystal display devices, a projection display for transmitting light from a lamp having high brightness and enlarging and transmitting the image on a

screen or a reflection type display for performing display using external light with a reflection plate attached in the liquid crystal display device are used.

[0010]

[Problems to be Solved by the Invention]

Spacers formed in advance on the substrate for use in the conventional TN type liquid crystal display device, or the in-plane switching liquid crystal display device are arranged on a light shielding portion, so that the spacers in the liquid crystal display device may have a low distribution density in appearance. However, on the contrary, there is a problem in that a display quality is degraded due to a temperature change. This will now be described with reference to Fig. 12.

[0011]

First, due to a change from the room temperature to the low temperature, there is a low temperature discharge problem. When the liquid crystal display device 100 is left under the low temperature, a volume of the liquid crystal molecule is reduced. At this time, it is necessary that a cell be contracted, i.e., becomes thinner, in the direction of the cell thickness, following a volume contraction of the liquid crystal molecule. The low temperature discharging 108 refers to a phenomenon that vacuum bubbles are produced in the liquid crystal layer since the cell thickness cannot

follow the volume extraction of the liquid crystal molecule. When the spacer 105 formed by patterning on the substrate is solid, the spacer 105 blocks the contraction of the cell thickness in following the volume contraction of the liquid crystal 104 under the low temperature, so that the low temperature discharging 108 is easily provided. With respect to ensuring a favorable display quality without tracing the cell thickness under the low temperature and a rough feeling, the spacer having an appropriate elasticity is preferably used.

[0012]

In addition, while changing from the room temperature to a high temperature, there is a display spot problem. This is due to an increasing non-uniform cell thickness caused by a temperature increase. The liquid crystal molecule encapsulated into the liquid crystal display device is expanded through heating. As a result of expansion due to a temperature increase of the liquid crystal molecule, a volume in the liquid crystal display device is increased. The increase in the volume causes a change of the gap between the substrates, i.e., a change of the cell thickness. At this time, in the conventional liquid crystal display device, a pillar shaped spacer cannot follow an increase of the cell thickness. For this reason, a change of the cell thickness is dominated by heat expansion of the liquid

crystal molecule, so that there is a problem in that the non-uniformity of the cell thickness increases and thus the uniformity of the display quality is damaged.

[0013]

In addition, with respect to a polymer dispersed type liquid crystal display device, in particular, a projection display which is a scheme that transmits light a liquid crystal display device from the light source, expands and transmits the image on a screen, the spacer is expanded to guarantee the cell thickness. For the PDLC projection display, when the voltage is not applied, it becomes a light scattering mode, i.e., a black display mode, so called a normally black mode. At this time, when the conventional non-colored spherical spacer is used, a portion where the spacers are scattered does not cause the scattering, and thus light is leaked out. For this reason, the black brightness at the time of displaying black color is proportional to dispersion density of the spherical spacer, and consequently, causes contrast degradation as a screen.

[0014]

In order to suppress contrast degradation using block brightness improvement due to an optical leakage from the spacer when the voltage is not applied, spacers added with coloring agent having light shielding and block color may be used. The optical leakage is prevented using the colored

spacer, so that the degradation of the contrast can be prevented, but a new problem arises. In order to guarantee the higher contrast, display uniformity in the high gray level becomes critical. For this reason, the uniformity of the cell thickness needs to be improved. In order to improve the uniformity of the cell thickness, the dispersion density of the spacers should be increased. When the dispersion density of the spacer increases, the spacers contact with each other at the time of scattering the spacer, and a lump is easily formed so that a rough feeling can be easily provided. In addition, the spacer itself expands, so that the rough feeling is easily provided when the voltage is applied. Like this, to order to guarantee a favorable display quality including contrast and gray level, there is a problem such as spacer shape and characteristics.

[0015]

In addition, for the conventional combination of the spacers directly formed on the substrate and the polymer dispersed type liquid crystal display device, there was a problem of reliability at the storage temperature, i.e., reliability when left in the high temperature. For the polymer dispersed type liquid crystal display device, the following problems can occur due to a rapid change of the temperature. This will now be described with reference to Fig. 13.

[0016]

Fig. 13a shows a state of a liquid crystal display device 200 in case of the room temperature (e.g., 20°C). In Fig. 13a, the spacer 206 has the same size as the gap width, so that little pressure is received from the glass substrates 201 and 202.

[0017]

Fig. 13b shows a state of a liquid crystal display device in case of the high temperature (e.g., 85°C). In this case, a polymer matrix 205 and a liquid crystal 204 expand through heating, and the inner pressure of the liquid crystal layer 209 increases. The central portion of the glass substrates 201 and 202 is not fixed through the sealing member 203 unlike the peripheral portion, so that the central portion is deformed as shown in Fig. 13b due to an increased inner pressure, and a gap width grows larger as closing to the central portion from the peripheral portion. As a result, the expanded liquid crystal 204 focuses on the central portion.

[0018]

When temperature rapidly turns and increases from the state of Fig. 13b, the liquid crystal layer 209 contracts. At this time, the liquid crystals focused on the central portion cannot go back full into the original state, and the most of them are left on the central portion. Therefore, as



shown in Fig. 13c, a gap width between the glass substrates 201 and 202 becomes the other state at each portion. Like this, due to expansion and contraction of the liquid crystal layer caused by a rapid change of the temperature for the conventional polymer dispersed type liquid crystal display device, the thickness of the liquid crystal layer becomes abnormal, and as a result, there is a problem in that the display quality is significantly degraded.

[0019]

[Problems of the Prior Art]

The above problems of the prior art will be summarized as follows.

[0020]

(1) For the liquid crystal display device such as the TN mode, display quality is degraded when used at the low temperature, due to the low temperature discharging caused by a rapid temperature change from the room temperature to the low temperature.

[0021]

(2) For the liquid crystal display device such as the TN mode or the polymer dispersed type liquid crystal display device, display quality is degraded when used at the high temperature, due to the non-uniform cell thickness caused by a rapid temperature change from the room temperature to the high temperature.

[0022]

(3) When the polymer dispersed type liquid crystal display device is left in a state where a temperature is rapidly changed, the thickness of the liquid crystal layer becomes non-uniform due to expansion and contraction of the liquid crystal layer, and accordingly, the display quality is degraded.

[0023]

(4) With an increasing formation density of the spacer and arrangement of the spacer, the rough feeling of the image is generated so that display quality is degraded.

[0024]

The present invention is contrived to solve the problems of the prior art, and an object of the present invention is to provide a liquid crystal display device in which temperature characteristic of the display quality is improved since the pillar shaped spacer is stiff and the elasticity is low, and the display quality is less degraded due to the temperature change.

[0025]

More specifically, another object of the present invention is to provide a liquid crystal display device having a favorable display quality without a low temperature discharging when used, so called, in the low temperature, in which, when the liquid crystal molecule contracts due to a

rapid temperature change from the room temperature to the low temperature, the liquid crystal display device can follow spacer.

[0026]

In addition, still another object of the present invention is to provide a liquid crystal display device having a favorable display quality without a non-uniform cell thickness even when used at the high temperature.

[0027]

In addition, still another object of the present invention is to provide a polymer dispersed type liquid crystal display device having a high display quality without generating non-uniform cell thickness at the high temperature and a low temperature discharging in the operating temperature range.

[0028]

In addition, still another object of the present invention is to provide a polymer dispersed type liquid crystal display device having a favorable display quality without generating non-uniform thickness of the liquid crystal layer due to expansion and contraction of the liquid crystal layer, even when the polymer dispersed type liquid crystal display device is left in a temperature changing state.

[0029]

In addition, still another object of the present invention is to provide a liquid crystal display device having a favorable display quality without a rough feeling that can correspond to a high contrast and high gray level, by forming a pillar shaped spacer (meaning non-spherical spacer) in advance on a light shielding portion of the counter substrate or the active matrix substrate.

[0030]

In addition, an object of the present invention is to provide a method of manufacturing the liquid crystal display device.

[0031]

[Means for Solving the Problems]

In order to accomplish the above-mentioned objects, the present invention includes the following means.

[0032]

An aspect of the present invention claimed in Claim 1 of the present invention provides a liquid crystal display device having a pillar shaped spacer arranged between a pair of substrates for maintaining a substrate electrode to be constant, and a liquid crystal layer encapsulated between the substrates. Here, the spacer may be elastic, and, for a temperature change within a temperature range available in the liquid crystal display device, a sum of a repulsive force of the spacer and an inner pressure of the liquid

crystal layer may be always approximately the same as the atmospheric pressure.

[0033]

With the above arrangement, the spacer is always elastically deformed within the operating temperature range of the liquid crystal display device. As a result, the low temperature discharging phenomenon can be prevented, and in addition, non-uniform cell thickness at the high temperature can be prevented, and thus display quality can be improved.

[0034]

In addition, by giving proper elasticity to the spacer, the distribution density of the spacer can be established in a range that does not give a rough feeling. From this point of view as well, the display quality can be improved.

[0035]

In addition, the liquid crystal layer may be a TN type liquid crystal layer, an STN type liquid crystal layer, as well as a polymer dispersed type liquid crystal layer.

[0036]

The invention claimed in Claim 2 is characterized in that, for the liquid crystal display device claimed in Claim 1, a sum of the repulsive force of the spacer and the inner pressure of the liquid crystal layer may be always approximately the same as the atmospheric pressure, and the inner pressures of the spacer and the liquid crystal layer

may be linearly changed, respectively.

[0037]

With the above arrangement, when the inner pressures of the spacer and the liquid crystal layer are linearly changed, the uniformity of the cell thickness can be further improved.

[0038]

Another aspect of the present invention claimed in Claim 3 provides a liquid crystal display device having a pillar shaped spacer arranged between a pair of substrates for maintaining a substrate electrode to be constant, and a liquid crystal layer encapsulated between the substrates. Here, the spacer may be elastic, and, for a temperature change within a temperature range from the room temperature to the highest operating temperature of the liquid crystal display device, a sum of a repulsive force of the spacer and an inner pressure of the liquid crystal layer may be always approximately the same as the atmospheric pressure.

[0039]

With the above arrangement, the non-uniform cell thickness can be prevented at the high temperature, and display quality can be improved.

[0040]

The invention claimed in Claim 4 is characterized in that, for the liquid crystal display device claimed in Claim 3, a sum of the repulsive force of the spacer and the inner

pressure of the liquid crystal layer may be always approximately the same as the atmospheric pressure, and the inner pressures of the spacer and the liquid crystal layer may be linearly changed, respectively.

[0041]

With the above arrangement, the uniformity of cell thickness at the high temperature can be further improved.

[0042]

Still another aspect of the present invention claimed in Claim 5 provides a liquid crystal display device having a pillar shaped spacer arranged between a pair of substrates for maintaining a substrate electrode to be constant, and a polymer dispersed type liquid crystal layer including a liquid crystal encapsulated between the substrates and a polymer compound. Here, the spacer may be elastic, and, for a temperature change within a storage temperature range of the liquid crystal display device, a sum of a repulsive force of the spacer and an inner pressure of the liquid crystal layer may be always approximately the same as the atmospheric pressure.

[0043]

When the polymer dispersed type liquid crystal display device is provided, the spacer is always elastically deformed within the storage temperature range. As a result, a distortion of the gap width (i.e., derivative of the

thickness of the liquid crystal layer) between substrates due to a rapid change of the temperature can be prevented, so that cell thickness can maintain constant, and the display quality can be improved.

[0044]

The invention claimed in Claim 6 is characterized in that, for the liquid crystal display device claimed in Claim 5, a sum of the repulsive force of the spacer and the inner pressure of the liquid crystal layer may be always approximately the same as the atmospheric pressure, and the inner pressures of the spacer and the liquid crystal layer may be linearly changed, respectively.

[0045]

With the above arrangement, when the inner pressures of the spacer and the liquid crystal layer are linearly changed, uniformity of the cell thickness can be further improved.

[0046]

The invention claimed in Claim 7 is characterized in that, for the liquid crystal display device claimed in any one of Claims 1, 3, and 5, the spacer may be directly formed on at least one side of the pair of substrates through a patterning process.

[0047]

With the above arrangement, considering the size and distribution density of the spacer, a spacer having desired



elasticity can be obtained.

[0048]

The invention claimed in Claim 8 is characterized in that the spacer may be selected from a group consisting of a polystyrene based polymer compound, an acrylic based polymer compound, a polyester based polymer compound, a silicon based polymer compound, a polycarbonate based polymer compound, a polysiloxane based polymer compound, a polyethylene based polymer compound, a polyurethane based polymer compound, and a combination thereof including any one or more materials

[0049]

The invention claimed in Claim 9 is characterized in that, for the liquid crystal display device claimed in any one of Claims 1, 3, 5, and 7, the spacer may be formed in a tapered shape from one substrate toward the other substrate.

[0050]

With the above arrangement, an elastic spacer having desired elasticity can be obtained.

[0051]

The invention claimed in Claim 10 is characterized in that, for the liquid crystal display device claimed in any one of Claims 1, 3, 5, and 7, the spacer may be formed in a perfect hollow construction or a partial hollow construction between the pair of substrates.

[0052]

With the above arrangement, an elastic spacer having desired elasticity can be obtained.

[0053]

The invention claimed in Claim 11 is characterized in that, for the liquid crystal display device claimed in any one of Claims 1, 3, 5, and 7, the spacer may have a longitudinal distribution in a direction perpendicular between the pair of substrates.

[0054]

In addition, the invention claimed in Claim 12 is characterized in that, for the length in the direction perpendicular between the pair of substrates, the spacer may have a distribution having a mean and a derivative, and the derivative may be approximately in a range of 3% to 6% of the mean value.

[0055]

With the above arrangement, considering a distribution of the height of the spacer, optimal elasticity can be given to the spacer.

[0056]

The invention claimed in Claim 13 is characterized in that, for the liquid crystal display device claimed in any one of Claims 1, 3, 5, and 7, formation density of the spacers may be in a range of  $5/\text{mm}^2$  to  $200/\text{mm}^2$ .

[0057]

With the above arrangement, considering a distribution of the formation density of the spacer, optimal elasticity can be given to the spacer.

[0058]

The invention claimed in Claim 14 is characterized in that, for the liquid crystal display device claimed in any one of Claims 1, 3, 5, and 7, the spacer may be formed on a light shielding portion of at least one of the pair of substrates.

[0059]

With the above arrangement, an aperture ratio can be improved.

[0060]

The invention claimed in Claim 15 is characterized in that, for the liquid crystal display device claimed in any one of Claims 1, 3, 5, and 7, the inner pressure of the liquid crystal layer may be in a range of 0 kg/cm<sup>2</sup> to 0.9 kg/cm<sup>2</sup>.

[0061]

When the spacer is in the elastically deformed state, the inner pressure of the liquid crystal layer is also smaller than the atmospheric pressure. Therefore, the elastically deformed state of the spacer can also be defined from the inner pressure of the liquid crystal layer.

[0062]

Still another aspect of the present invention claimed in Claim 16 provides a liquid crystal display device manufacturing method, the liquid crystal display device having a pillar shaped spacer arranged between a pair of substrates for maintaining a substrate electrode to be constant, and a liquid crystal layer encapsulated between the substrates, the method comprising: forming a plurality of spacers on at least one of the pair of substrates, and performing a process to give a predetermined amount of elasticity to the spacer; forming the liquid crystal layer encapsulated between the pair of substrates having the spacer formed thereon; and while or after forming the liquid crystal layer, uniformly pressing between the substrates in a pressure of approximately 0.1 kgf/cm<sup>2</sup> to 1.0 kgf/cm<sup>2</sup>.

[0063]

The reason the pressing pressure to the substrate is restricted is that, when it is less than 0.1 kgf/cm<sup>2</sup>, the spacer cannot be elastically deformed, and when it is more than 1.0 kgf/cm<sup>2</sup>, the spacer is plastically deformed.

[0064]

[Embodiments]

Preferred embodiment of the present invention will now be described with reference to the accompanying drawings.

[0065]

## (First Embodiment)

Fig. 1 is a simplified cross sectional view of a liquid crystal display device according to a first embodiment of the present invention. The liquid crystal display device includes a pair of glass substrates 1 and 2; a pillar shaped spacer 3 arranged between the substrates 1 and 2 for maintaining a substrate gap to be constant; and a liquid crystal layer 4 encapsulated between the substrates 1 and 2. Transparent electrodes 5 and 6 are formed on the inner side of the glass substrate 1 and 2. In addition, in Fig. 7, reference numeral 7 refers to a sealing portion fixed to the substrates 1 and 2 for encapsulating the liquid crystal layer 4.

[0066]

The spacer 3 is elastic, and becomes an elastically deformed state within an operating temperature range (0°C to 85°C). In other words, in conjunction with a temperature change within the operating temperature range of the display device, a sum of the repulsive force of the spacer 3 and the inner pressure of the liquid crystal layer 4 is always approximately 1 atmospheric pressure, and in addition, the inner pressures of the spacer 3 and the liquid crystal layer 4 are linearly changed, respectively. With the above arrangement, at the low temperature, the display without the low temperature discharging can be enabled, and at the high

temperature as well, the non-uniform cell thickness can be prevented, so that the display quality is improved. In addition, in order to increase the uniformity of the cell thickness, it is necessary for the distribution density of the spacer to be large, however, according to the present invention, the spacer 3 has proper elasticity, so that the distribution density of the spacer can be established such that the rough feeling is not generated not to mention the conventional level of the distribution density of the spacer. Therefore, sufficient uniformity of the cell thickness is obtained, and in addition, the rough feeling due to an increasing distribution density of the spacer can be prevented, so that display quality can be improved.

[0067]

A method of manufacturing the liquid crystal display device with the above arrangement will now be described.

[0068]

First, based on the same method as in the prior art, a pair of substrates 1 and 2 having transparent electrodes 5 and 6 formed thereon is provided. Next, the spacer 3 is formed on the substrate 1.

[0069]

A method of forming the spacer 3 will be specifically described with reference to Fig. 2. Here, as an example, it will be described in the context that a photosensitive

polymer including carbon is used in the substrate 1 on which the transparent electrode 5 is formed. An acrylic based negative type resist was prepared such that a solid content ratio is 38%, and a carbon power was 5% mixed. Here, the carbon fiber is means for coloring the pillar shaped spacer in black color, and may be a material that absorbs visible light. A uniform resist layer 10 was formed on the glass substrate 1 using a spinner (Fig. 2b). This was performed with the number of rotation of 5000 rpm for 5 seconds, and of 1300 rpm for 30 seconds. Next, the resist layer 10 is pre-baked for 3 minutes at 80°C. In addition, as shown in Fig. 2c, a predetermined type of pillar shaped spacer 3 described below was formed through a photolithography technology using a mask 11. In addition, intensity of UV illumination herein was 15 mW/cm<sup>2</sup> and an exposed time was 3 second.

[0070]

The conventional pillar shaped spacer has low elasticity, and non-uniform spacer is difficult to control, so that according to the present invention, the elasticity is given to the spacer in the following method.

[0071]

First, as a first method, the spacer having a shape as shown in Fig. 3 was formed by such as reviewing a developing condition. In addition, Fig. 3a shows a spacer in the

elastically deformed state, and Fig. 3b shows a spacer in the state before elastically deformed. Specifically, the method involves that the spacer having an arrangement where an end surface becomes thinner such as a cone 3A, or a triangular pyramid 3C or a rectangular pyramid 3C or a polygonal pyramid 3D was formed, so that when pressed, the spacer 3 in the liquid crystal display device is elastically deformed.

[0072]

A second method involves that some or all of the inner portions 9 of the spacer 3 is in a hollow shaped state, as shown in Fig. 4, so that when pressed, the spacer 3 in the liquid crystal display device is elastically deformed.

[0073]

A third method involves mixing a rubber based resin power or a silicon based resin power in the resist to elasticized the spacer 3. A mixed amount of the resin power is effective in less than 3%, which can be elastically deformed. In addition, in case of the resin, it will not be limited hereto.

[0074]

A fourth method involves that a polymerization of the resist is lowered. By lowering the concentration of a bridge agent in the resist, elasticity was realized.

[0075]



A fifth method involves shortening both ends of the spacer pillar.

[0076]

With any one of the above methods, the elasticity can be given to the spacer.

[0077]

In the following example, the first method, i.e., a case where the rectangular pyramid 3c pillar shaped spacer 3 is used will be described. Specifically, the square pyramid shaped spacer 3 was formed with one side of the lower surface of 5  $\mu\text{m}$ , by repeating an etching process through a photography technology. In addition, a detailed shape (e.g., area of the bottom surface, natural length, etc.) of a rectangular shaped spacer is established, considering the formation density of the spacer, and in addition, for any temperature of the maximum and minimum temperature of the operating temperature range, such that the elasticity is given as much as an amount of deformation in which the elastic deformation state can be maintained. For example, as shown in fig. 5a, an initial height of the pillar shaped spacer formed in the substrate is  $H_1$ , and a height of the pillar shaped spacer in a state shown in fig. 5 having a predetermined cell thickness and pressed between the substrates is  $H_2$  (room temperature state). At this time, at the minimum temperature of the operating temperature

range, when a length in the direction of the cell thickness due to the heat contraction of the liquid crystal layer is  $m_1$ , the height of the pillar shaped spacer is deformed to be  $m_1$ , and in addition, at the height  $m_1$ , the spacer is required to be an elastically deformed state. Further, in the same manner, for the maximum temperature of the operating temperature range, when the length in the direction of the cell thickness due to the heat expansion of the liquid crystal layer is  $m_2$ , the height of the pillar shaped spacer is deformed to be  $m_2$  (here,  $m_2 < m_1$ ), and in addition, at the height  $m_2$ , the pillar shaped spacer is required to be the elastically deformed state. However, when the formation density of the spacer is extremely small, uniformity of the cell thickness is degraded, and otherwise, when it is too large, an optical leakage due to the spacer is large. Therefore, considering problems directed to the formation density of the spacer, and for any temperature of the maximum temperature and minimum temperature within the operating temperature range, it is necessary to establish the spacer shape such that the elastically deformed state can be maintained.

[0078]

Based on the foregoing consideration, according to the first embodiment of the present invention, a bottom surface of 5.00  $\mu\text{m}$ , an average height of the spacer of 4.70  $\mu\text{m}$ , a

derivative of about 3 %, and a formation density of about  $300/\text{mm}^2$  are established. Next, post-baking is performed at  $200^\circ\text{C}$ . Next, a sealing portion 7 is printed on a peripheral portion of one substrate (Fig. 3e). Next, using a pressing device, the substrates 1 and 2 having a pair of transparent electrodes 5 and 6 in an overlapping state are pressed and heated, and the sealing portion 7 is cured (Fig. 3f). Next, the liquid crystal material is injected into a gap formed in the pair of the substrates 1 and 2 from an injecting port arranged a part of the sealing portion 7, to thus form the liquid crystal layer 4.

[0079]

Next, in order to set the cell thickness to be a predetermined value, the liquid crystal display device is pressed. The pressing value  $F$  was set to  $0.3 \text{ kgf/cm}^2$ . At this time, the spacer 3 is partially in the elastically deformed state.

[0080]

The cell thickness of the liquid crystal display device through the above processing can have a mean of  $4.65 \mu\text{m}$ , and a derivative of  $0.12 \mu\text{m}$ , and visibility or contrast of the liquid crystal display device was significantly improved. At this time, since the mean of the height of the spacer formed on the substrate surface is  $4.70 \mu\text{m}$ , it will be appreciated that, in this state, a part of the spacer is in

the elastically deformed state. In addition, the bottom surface, the height, and the formation density of the pillar shaped spacer are not limited hereto, but when a bottom surface of more than 3  $\mu\text{m}$  and less than 20  $\mu\text{m}$ , the mean of the height of the spacer of more than 3  $\mu\text{m}$  and less than 20  $\mu\text{m}$ , and the formation density of the spacer of more than 5/ $\text{mm}^2$  and less than 2000/ $\text{mm}^2$  are provided, the present inventors checks that the spacer can sufficiently follow the temperature change.

[0081]

In addition, even when the elasticity is provided using the pillar shaped spacer as a hollow, the description on the rectangular shaped spacer is adapted. For the hollow shaped spacer, when a radius of an outer circle of more than 3  $\mu\text{m}$  and less than 20  $\mu\text{m}$ , a radius of an inner circle of more than 2  $\mu\text{m}$  and less than 15  $\mu\text{m}$ , a cross sectional area of more than 4  $\mu\text{m}^2$  and less than 140  $\mu\text{m}^2$ , the mean of the height of the spacer of more than 3  $\mu\text{m}$  and less than 20  $\mu\text{m}$ , the formation density of the spacer of 5/ $\text{mm}^2$  and less than 2000/ $\text{mm}^2$  are provided, the present inventors checks that the spacer can sufficiently follow the temperature change.

[0082]

In addition, the above detailed number is described in the context that a negative type resist made of an acrylic based polymer compound is used for the spacer material. As

described below, even when other materials are used for the spacer material, considering the same manner as in the above acrylic based polymer compound, if the shape and the formation density of the shape is set to be within the optical range, advantageously, the spacer can sufficiently follow a temperature change.

[0083]

Next, the liquid crystal display device manufactured through the above method is exposed to an environment from the room temperature to  $-20^{\circ}\text{C}$ . Hereinafter, this will be described with reference to Fig. 6. Fig. 6a shows a liquid crystal display device at the time of the room temperature. In this state, some or all of the spacers are elastically deformed. Fig. 6b is a diagram showing a liquid crystal display device state under the lower temperature. The thickness direction of the liquid crystal layer 4 contracts, due to the volume contraction under the low temperature. According to the present embodiment, the spacer 3 is also elastic, and can follow the contraction of the liquid crystal layer 4, so that the low temperature discharging phenomenon does not occur even under the lower temperature.

[0084]

In addition, the liquid crystal display device manufactured through the above method is exposed to an environment from  $20^{\circ}\text{C}$  to  $40^{\circ}\text{C}$ . Hereinafter, this will be

described with reference to Fig. 6. Referring to Figs. 7a, 7b, and 7c, the structural change generated in the liquid crystal display device according to the present invention will now be described.

[0085]

First, Fig. 7a shows a liquid crystal display device state in the case of the room temperature (20°C in the present embodiment). In this state, a pressure of a difference between the atmospheric pressure and the pressure to the substrates 1 and 2 of the liquid crystal layer 4 (hereinafter, referred to as an inner pressure of the liquid crystal layer 4) is applied to two sheets of glass substrates 1 and 2 from the outside, and as a result, the spacer 3 is compressed.

[0086]

Fig. 7b shows a liquid crystal display device when the liquid crystal display device at the room temperature of Fig. 7a is temperature increased to the maximum of the operating temperature. In this state, the inner pressure of the liquid crystal layer 4 is increased due to heating.

[0087]

According to the present embodiment, a line expansion coefficient of the spacer 3 is  $7.0 \sim 10.0 \times 10^{-5}$  (1/K), and a line expansion coefficient of the liquid crystal material of the liquid crystal layer 4 is  $7.0 \times 10^{-4}$  (1/K). The increase of

the inner pressure of the liquid crystal layer 4 due to heating depends on the expansion of the liquid crystal molecule.

[0088]

Fig. 8 shows an example showing a relation between an inner Pressure  $P_i$  of the liquid crystal layer 4 and a repulsive force  $P_r$  of the spacer 3, when a temperature of the liquid crystal display device under a constant atmospheric pressure increases or decreases within a predetermined temperature range. In addition, in Fig. 8, the atmospheric pressure is  $1.0 \text{ kgf/cm}^2$ . The horizontal axis represents a temperature  $T$  in a range of  $20^\circ\text{C}$  to  $60^\circ\text{C}$ . The vertical axis represents a pressure  $P$  in a range of  $0.3 \text{ kgf/cm}^2$  to  $0.7 \text{ kgf/cm}^2$ . The solid line represents a pressure applied to the liquid crystal layer 4, i.e., an inner pressure  $P_i$  of the liquid crystal layer 4, and a dotted line  $L2$  represents the pressure applied to the spacer 3, i.e., the repulsive force  $P_r$  of the spacer 3 per unit area. Hereinafter, the repulsive force of the spacer 3 per unit area is referred to as the repulsive force  $P_r$  of the spacer.

[0089]

Within the above temperature range, it will be appreciated that both the inner pressure of the liquid crystal layer 4 and the repulsive force  $P_r$  of the spacer exist, and their summation is the same as the atmospheric

pressure. In other words, the liquid crystal display device resists the atmospheric pressure through the inner pressure of the liquid crystal layer 4 and the repulsive force  $P_r$  of the spacer 3.

[0090]

When the inner pressure of the liquid crystal layer 4 increases in proportional to the increase of the temperature, the repulsive force  $P_r$  of the spacer 3 decreases, while the spacer 3 always has the repulsive force  $P_r$  in the temperature range (20°C to 60°C) according to the present example. In other words, the compressed spacer lifts up the glass substrates 1 and 2 from the inside through the repulsive force  $P_r$  at a place where the liquid crystal layer 4 reaches, and then holds the compressed state. As a result, as shown in Fig. 7b, a gap width is uniformly widened other than the peripheral portion fixed to the sealing portion 7.

[0091]

Fig. 7c shows a liquid crystal display device with a temperature decreasing from the high temperature state shown in Fig. 7b to the room temperature. As shown in Fig. 7b, when the liquid crystal display device in the high temperature is cooled, the inner pressure of the liquid crystal layer 4 is reduced and the repulsive force  $P_r$  of the spacer 3 increases. In other words, the expanded liquid crystal layer 4 contracts while the glass substrates 1 and 2



and the spacer 3 always contact with each other. For this reason, the liquid layer 4 will not have a different degree of contraction depending on the location, and thus uniformly contracts on the overall place. As a result, even when the temperature drops from the high temperature state, it perfectly goes back to the original state (Fig. 7a), as shown in Fig. 7c.

[0092]

As a comparative example of the first embodiment, Fig. 14 shows a spacer state for a temperature change of the liquid crystal display device in the context that the hardened spacer 150 having a small elastic deformation is used, which shows a relation of the comparative example of Fig. 15 between the inner pressure of the liquid crystal layer 151 and the repulsive force of the spacer 150. At the high temperature, the spacer 150 cannot follow the expansion of the liquid crystal layer, and a central portion of the substrate is largely bended, so that display performance is degraded.

[0093]

This is also shown in Fig. 15. In other words, the repulsive force of the spacer is significantly reduced in conjunction with the increase of the temperature, and when exceeding a certain temperature, the repulsive force will be 0. This indicates that most of the spacers are far off from

the substrate. At the higher temperature, due to a tensile effect bonding the substrates, the central portion is floated up. In addition, in conjunction with the temperature increase, the inner pressure of the liquid crystal layer continues to increase. Therefore, in the comparative example, the operating temperature range is narrow, and in order to widen the operating temperature range, it will be appreciated that it is necessary to give the elasticity to the spacer.

[0094]

Therefore, according to the present embodiment, as long as the spacer 3 is elastically compressed, the distortion of the gap width between two sheets of glass substrates due to the temperature change, i.e., the derivative of the thickness  $T_c$  of the liquid crystal layer can be prevented. In addition, the temperature range is 20°C to 60°C in the foregoing description, however, from the experiment result of the present inventors, it was verified that the spacer can be followed even in the temperature range of 0°C to 85°C. Therefore, as long as both the inner pressure of the liquid crystal layer 4 and the repulsive force  $P_r$  of the spacer 3 exist, and in addition, their summation is the same as the atmospheric pressure, the effect of the present invention can be obtained. For example, the liquid crystal display device has different operating temperature according to its

use, and it is necessary that non-uniformity be not generated within this operating temperature range. For example, while used in a car navigation system where there are lot of work to do in the car is set to be relatively high temperature, however, even in this case, the elasticity, the formation density, pushing thickness and the like of the spacer are optimized such that it is applicable. Besides, notebook personal computer use, personal computer monitor use, projection display use, portable data application use, and mobile telephone use, a reflection type liquid crystal TV monitor and the like use are also applicable in the same manner in the respective operating temperature ranges.

[0095]

In addition, as a result, a derivative of the cell thickness is not generated. In addition, the display spot is also prevented.

[0096]

An operational mode of the liquid crystal display device of the present invention may be any type of operational mode as long as the molecular alignment can be controlled by the electric field, however, it is particular advantageous to an IPS (in-plane switching), a TN mode, a STN (super twisted nematic) mode, and a ferroelectric liquid crystal mode. As a display mode of the liquid crystal display panel, either a normally black mode (NB) in which

when the voltage is not applied black color is displayed so that light is not transmitted, and a normally white mode (NW) in which when the voltage is not applied white color is displayed so that light is transmitted may be used. In terms of the formation density of the spacer, while about  $300/\text{mm}^2$  is used in the present embodiment, about  $10/\text{mm}^2$  to  $2000/\text{mm}^2$  may also be applicable in the same manner. Here, as the formation density is larger, it is necessary to reduce the stress at the time of elastic deformation. Basically, when the means of the height of the spacer and the derivative thereof are the same, the stress of the spacer is inversely proportional to the formation density. When the formation density is less than  $5/\text{mm}^2$ , the spacer is not almost deformed at the time of applying stress, in order to maintain a constant cell thickness, and thus following characteristic is lost, and the low temperature discharging phenomenon or the non-uniformity of the cell thickness at the high temperature is generated. Like this, in order to maintain a favorable display quality, a certain degree of formation density is required. In addition when the formation density exceeds  $2000/\text{mm}^2$ , at the current state, it is difficult to form the spacer, which is impossible to implement. To obtain the following, more than two spacers having different sizes in the normal direction of the substrate surface may be formed. In addition, more than two

spacers having different elasticity may be formed within the surface.

[0097]

According to the present embodiment, in order to elastically deform some or all of the spacers, the pressure of  $0.3 \text{ kgf/cm}^2$  is uniformly pressed between the substrates, for a process of encapsulating the liquid crystal material between the substrates, however, for example, the formation density, the elasticity, and the like of the spacer can be optimized so that it can be implemented in the same manner even in the uniform pressure from  $0.1 \text{ kgf/cm}^2$  to  $1.0 \text{ kgf/cm}^2$ .

[0098]

Furthermore, while the present embodiment describes the elastic operation of spacer as a pressing value of the panel surface, it may be described as the inner press operation of the liquid crystal layer 4 in the liquid crystal display device. At this time, when the inner pressure of the liquid crystal layer 4 is approximately  $0.1 \text{ kgf/cm}^2$  to  $1.0 \text{ kgf/cm}^2$ , it can be implemented in the same manner. Outside the above range, The cell thickness cannot follow the operation of the liquid crystal layer, so that it cannot be implemented.

[0099]

While the present embodiment uses a negative type resist consisting of an acrylic based polymer compound as the spacer material, the spacer may be selected from a group

consisting of a polystyrene based polymer compound, an acrylic based polymer compound, a polyester based polymer compound, a silicon based polymer compound, a polycarbonate based polymer compound, a polysiloxane based polymer compound, a polyethylene based polymer compound, and a polyurethane based polymer compound. In addition, copolymer and polymer alloy compound may also be used, which uses a combination thereof among the above compounds.

[0100]

In addition, according to the present embodiment, while a photolithography is performed on the substrate surface using the above material, and the spacer is directly formed, for example, the spacer may be formed, in the same manner, on a plastic substrate made of the compound through pressing and the like.

[0101]

In addition while the present embodiment has been described in the context that the glass substrate is used, a-Si TFT substrate using an amorphous silicon thin film as a switching element, a driver built in type polysilicon TFT substrate, and a low temperature poly silicon TFT, a high temperature poly silicon TFT substrate through thermal annealing, and a polysilicon substrate having metal catalyst crystallized in other methods, and further, two terminal type active matrix substrate having a thin film diode TFT

formed thereon may also be used.

[0102]

In addition, the spacer may be formed on the light shielding portion of the pixel portion of the color filter. At this time, when these spacers have elasticity enough to follow contraction of the liquid crystal molecule, at the time of temperature change from the room temperature to the lower temperature, it can be used in the same manner.

[0103]

(Second Embodiment)

Fig. 9 is a cross sectional view of a liquid crystal display device according to a second embodiment of the present invention. The present embodiment is characterized in that the polymer dispersed type liquid crystal display device including a polymer dispersed type liquid crystal layer 22 made of the liquid crystal 20 and the polymer matrix 21 is used instead of the liquid crystal layer 4. The polymer matrix 21 is a polymer compound having a 3-D net shaped construction. The liquid crystal 20 is a liquid crystal dispersed in the droplet shape into the polymer matrix 21 and the liquid crystal having a net shaped construction in which the liquid crystals dispersed in the droplet shape are interconnected. In addition, a volume ratio of the liquid crystal 20 to the polymer matrix 21 is approximately 4:1.

[0104]

The polymer dispersed type liquid crystal display device does not show a low temperature discharging phenomenon, unlike the TN type liquid crystal display device, the STN type liquid crystal display device, and the ferroelectric type liquid crystal display device. However, since fluidity of the liquid crystal is low, there is a problem in that the non-uniformity at the high temperature side may be conspicuously generated. In order to solve the problems, the polymer dispersed type liquid crystal display device according to the second embodiment of the present invention uses the pillar shaped spacer 3, in the same manner as the first embodiment. As a result, when used in the projection display, a favorable display quality can be maintained and the cell thickness is uniform from 10°C to 50°C in the operating temperature range. In addition, when used in the reflection type liquid crystal display, a favorable display quality can be maintained and the cell thickness is uniform from 10°C to 35°C in the operating temperature range. In addition, the polymer dispersed type liquid crystal layer 22 is manufactured in the same manner as in the typical polymer dispersed type liquid crystal layer. In other words, the polymer dispersed type liquid crystal layer 22 can be obtained such that a combined material of the polymer precursor and the liquid crystal



material are filled between the substrates through a vacuum injection method, the polymer precursors overlaps by heating or illuminating ultraviolet, and the liquid crystal and polymer are separated from each other.

[0105]

While the glass substrate having transparent electrode is used in the second embodiment, the pillar shaped or non-spherical type spacers may be formed on the light shielding portion of the active matrix substrate having the switching elements formed thereon, in the same manner. In addition, other than the amorphous TFT substrate, the active matrix substrate may be a driving circuit built-in high temperature polysilicon TFT substrate, a low temperature polysilicon TFT substrate, a polysilicon TFT substrate crystallized by other methods such as catalyst, and two-terminal active matrix type substrate, represented by the thin film diode TFD, in conjunction with a planarization process.

[0106]

In the projection display type, dichroic means using a multiplayer interference such as a dichroic mirror may be used, without the color filter. For this reason, of the active matrix substrate having the TFTs formed thereon, by forming a pillar shaped or non-spherical spacer on the counter substrate to correspond a light shielding portion that does not transmit light, e.g., gate signal lines and

source signal lines or intersecting portions thereof, TFT forming portions, and the like, the liquid crystal display device having a favorable display quality and few rough feeling, which can correspond high contrast and high gray level, can be obtained.

[0107]

(Third Embodiment)

Fig. 10 is a cross sectional view of a liquid crystal display device according to a third embodiment of the present invention. The liquid crystal display device of the third embodiment has the same construction as of the polymer dispersed liquid crystal display device described in the second embodiment. In general, for the polymer dispersed liquid crystal display device, when the spacer has low elasticity, the display spot due to the non-uniform thickness is generated. This is because that, in the polymer dispersed type liquid crystal display device, the fluidity of the liquid crystal molecule is extremely small, and it cannot go back to the original state in a rapid temperature change from the high temperature storage. For this reason, while only the uniformity needs to be compensated within the operating temperature range in the first embodiment, the polymer dispersed type liquid crystal display device is also required that the uniformity within the storage temperature range need to be compensated.

Therefore, in order to solve the above problems, for the polymer dispersed type liquid crystal display device according to the third embodiment, the elasticity is given to the spacer in the same method of the first embodiment, and at the same time, from the point of compensating the uniformity within the storage temperature range, more elasticity is given to the spacer than in the second embodiment. For example, in case of the cone type spacer, a degree of tapering is to be larger than the second embodiment, and in case of the hollow type spacer, the hollow area should be larger. In addition, the storage temperature range refers to a surrounding environment temperature when the display device assembling the liquid crystal display device is actually used, and the storage temperature refers to a surrounding environment temperature when the display device assembling the liquid crystal display device is stored. Therefore, in general, the storage temperature range is wider than the operating temperature range. In addition, the polymer dispersed type liquid crystal layer 22 can be manufactured in the same manner in the typical polymer dispersed type liquid crystal layer. In other words, the polymer dispersed type liquid crystal layer 22 can be obtained such that a combined material of the polymer precursor and the liquid crystal material are filled between the substrates through a vacuum

injection method, the polymer precursors are polymerized by heating or illuminating ultraviolet, and the liquid crystal and polymer are separated from each other.

[0108]

The liquid crystal display device according to the third embodiment will now be described below in detail.

[0109]

Referring to Figs. 10a, 10b, and 10c, due to the subsequent rapid temperature change, a structural change generated in the liquid crystal display device according to the present invention will be described.

[0110]

First, Fig. 10a shows a liquid crystal display device at the room temperature (20°C in the present embodiment). In this state, a pressure of a difference between the atmospheric pressure and the pressure to the substrates 1 and 2 of the combined layer 22 (hereinafter, referred to as an inner pressure of the liquid crystal layer) is applied to two sheets of glass substrates 1 and 2 from the outside, and as a result, the spacer 3 is compressed.

[0111]

Fig. 10b shows a liquid crystal display device when the liquid crystal display device at the room temperature of Fig. 10a is temperature increased to the high temperature (85°C in the present embodiment). In this state, the inner

pressure of the liquid crystal layer is increased due to heating. According to the present embodiment, a line expansion coefficient of the spacer 3 is  $7.0\sim 10.0\times 10^{-5}$  (1/K), a line expansion coefficient of the liquid crystal material is  $7.0\times 10^{-4}$  (1/K), and the line expansion coefficient of the polymer matrix 21 is the same as or less than the expansion coefficient of the spacer 3. In addition, a volume ratio between the liquid crystal 20 for the liquid crystal layer 22 and the polymer matrix 21 is almost 4:1. For this reason, the expansion of the spacer 3 and the polymer matrix 21 can be almost negligible, and the increase of the inner pressure of the liquid crystal layer 22 due to heating depends on the expansion of the liquid crystal 20.

[0112]

Fig. 11 is an example of a relation between the inner pressure  $P_i$  of the liquid crystal layer and the repulsive force of the spacer 3 when a temperature of the liquid crystal display device under a constant atmospheric pressure increases or decreases within a predetermined temperature range. In addition, in Fig. 8, the atmospheric pressure is  $1.0 \text{ kgf/cm}^2$ . The horizontal axis represents a temperature  $T$  in a range of  $20^\circ\text{C}$  to  $60^\circ\text{C}$ . The vertical axis represents a pressure  $P$  in a range of  $0.3 \text{ kgf/cm}^2$  to  $0.7 \text{ kgf/cm}^2$ . In addition, the experiment results of the present inventors verify that even in the temperature range of  $0^\circ\text{C}$  to  $85^\circ\text{C}$ , and

in the pressure range of  $0.1 \text{ kgf/cm}^2$  to  $0.9 \text{ kgf/cm}^2$  shows the same linear characteristics as in Fig. 11. Here, in Fig. 11, the solid line L1 represents a pressure applied to the liquid crystal layer, i.e., the inner pressure  $P_i$  of the liquid crystal layer, and a dotted line L2 represents a pressure applied to the spacer 3, i.e., the repulsive force  $P_r$  of the spacer 3 per unit area. Hereinafter, the repulsive force of the spacer 3 per unit area is referred to as the repulsive force  $P_r$  of the spacer 3.

[0113]

Within the above temperature range, it will be appreciated that both the inner pressure of the liquid crystal layer and the repulsive force  $P_r$  of the spacer 3 exist, and their summation is the same as the atmospheric pressure. In other words, the liquid crystal display device resists the atmospheric pressure through the inner pressure of the liquid crystal layer and the repulsive force  $P_r$  of the spacer 3.

[0114]

When the inner pressure of the liquid crystal layer increases in proportional to the increase of the temperature, the repulsive force  $P_r$  of the spacer 3 decreases, while the spacer 3 always has the repulsive force  $P_r$  in the temperature range of  $20^\circ\text{C}$  to  $60^\circ\text{C}$  according to the present example (which is also true in a range of  $0^\circ\text{C}$  to  $85^\circ\text{C}$ ). In

other words, the compressed spacer lifts up the glass substrates 1 and 2 from the inside through the repulsive force  $P_r$  at a place where the liquid crystal layer 22 reaches, and then holds the compressed state. As a result, as shown in Fig. 10b, a gap width is uniformly widened other than the peripheral portion fixed to the sealing portion 7.

[0115]

Fig. 10c shows a liquid crystal display device with a temperature rapidly decreasing from the high temperature state shown in Fig. 10b to the room temperature. As shown in Fig. 10b, when the liquid crystal display device in the high temperature is cooled, the inner pressure of the liquid crystal layer is reduced and the repulsive force  $P_r$  of the spacer 3 increases. In other words, the expanded liquid crystal layer 22 contracts while the glass substrates 1 and 2 and the spacer 3 always contact with each other. For this reason, the liquid layer 22 will not have a different degree of contraction depending on the location, and thus uniformly contracts on the overall place. As a result, even when the temperature rapidly drops from the high temperature state, it perfectly goes back to the original state (Fig. 10a), as shown in Fig. 10c.

[0116]

When the elastic body is not used in the spacer, since a moving speed of the polymer matrix of the liquid crystal

molecule slows for the polymer dispersed type liquid crystal, even when the temperature turns back to the room temperature, the liquid crystal does not go back to its original state, so that its central portion is thick, and a thickness around the main sealing portion is thinner, and as a result, the display spot is provided.

[0117]

In addition, when the temperature of the liquid crystal display device decreased to the low temperature (e.g., 0°C), the thickness  $T_c$  of the liquid crystal layer is reduced, however, even in this case, the thickness  $T_c$  of the liquid crystal layer 22 maintains constant due to the repulsive force  $P_r$  of the spacer 3, as shown in Fig. 10. In addition, at the low temperature as well, the inner pressure of the liquid crystal layer exists, and thus the liquid crystal display device resists the atmospheric pressure through the repulsive force  $P_r$  of the spacer and the inner pressure of the liquid crystal layer.

[0118]

As described above, as long as the spacer 3 is elastically deformed, the distortion of the gap width, i.e., the derivative of the thickness  $T_c$  of the liquid crystal layer, between two sheets of glass substrates due to the temperature change can be prevented. In addition, while the liquid crystal display device has been described as a



transparent type liquid crystal display device, i.e., a transparent glass substrate including transparent electrode on either of a pair of substrates in the present embodiment, a reflection type liquid crystal display device having the same effect of the present invention can be provided using the reflection electrode that reflects light instead of the transparent electrode.

[0119]

In addition, it may also be appreciated that, in order to arrange the reflection type liquid crystal display device, the reflection electrode divided for each pixel rather than the transparent electrode 6 is arranged, and the voltage is supplied from the TFT device to the reflection electrode.

[0120]

In addition, although in the foregoing description the temperature range is 0°C to 85°C, as long as the inner pressure of the liquid crystal layer and the repulsive force  $P_r$  of the spacer 3 exist and their summation is the same as the atmospheric pressure, the effect of the present invention can be obtained, and the temperature range is not limited hereto.

[0121]

While the present invention has been described in detail, as a type having the polymer matrix and the liquid crystal in the polymer dispersed type liquid crystal display

device, a PN (polymer-network) type where polymer compounds distributes in the liquid crystal forming a continuous phase in a 3-D net shape or fine particle droplet shape may be used in the same manner, rather than NCAP (nematic-curvilinear-aligned-phase) type where droplets distribute in the polymer matrix as shown in the embodiment.

[0122]

In addition, while a combined material of the polymer precursor and the liquid crystal material are filled in the liquid crystal display device through a vacuum injection method according to the second and third embodiments, the combined material of the polymer precursor and the liquid crystal material may be injected into the liquid crystal display device under the pressure, and thus the same effect can be obtained.

[0123]

In addition, while the elastic spacer is formed on the substrate having transparent electrode at least one substrate, in order to maintain a constant cell thickness between a pair of substrates in the first to third embodiments, the spacer may be formed on the light shielding portion of the active matrix substrate having the switching elements formed thereon, using the same method. In addition, other than the amorphous TFT substrate, the active matrix substrate may be a driving circuit built-in high temperature

polysilicon TFT substrate, a low temperature polysilicon TFT substrate, a polysilicon TFT substrate crystallized by other methods such as catalyst, and two-terminal active matrix type substrate, represented by the thin film diode TFD, in conjunction with a planarization process.

[0124]

In addition, while in the first to third embodiments, it is configured that both a rapid temperature change from the room temperature to the low temperature, and a rapid temperature change from the room temperature to the high temperature may follow the spacer, it can be configured that only one of a rapid temperature change from the room temperature to the low temperature, and a rapid temperature change from the room temperature to the high temperature may follow the spacer.

[0125]

[Effect]

As described above, according to the present invention, the spacer is in an elastically deformed state, so that the liquid crystal display device can be provided that can follow even when the liquid crystal molecule contracts due to a rapid temperature change from the room temperature to the low temperature, so that the liquid crystal display device having a favorable display quality can be provided without, so called, a low temperature discharging when used

at the low temperature. In addition, when used at the high temperature as well, the liquid crystal display device having a favorable display quality can be provided without non-uniform cell thickness. In addition, within the operating temperature range, the polymer dispersed type liquid crystal display device having a favorable display quality can be provided without a low temperature discharging and non-uniform cell thickness. In addition, by forming a pillar shaped or non-spherical spacer in advance on the light shielding portion of the counter substrate or the active matrix substrate, the liquid crystal display device having a favorable display quality and few rough feeling, which can correspond high contrast and high gray scale, can be obtained.

[0126]

In addition, within a temperature range that stores the polymer dispersed type liquid crystal display device, a distortion of a gap width between two sheets of glass substrates due to the temperature change, i.e., a derivative of the thickness of the liquid crystal layer can be prevented, and thus the uniformity of the display image can be improved.

[Brief Description of the Drawings]

[Fig. 1]

Fig. 1 is a cross-sectional view of a liquid crystal display device according to a first embodiment of the present invention.

[Fig. 2]

Fig. 2 is a processing diagram of manufacturing a liquid crystal display device according to a first embodiment of the present invention.

[Fig. 3]

Fig. 3 is a diagram for explaining a spacer shape for use in a liquid crystal display device according to a first embodiment of the present invention.

[Fig. 4]

Fig. 4 is a diagram showing an example of a deformed spacer.

[Fig. 5]

Fig. 5 is a diagram for explaining a deforming amount of the spacer.

[Fig. 6]

Fig. 6 is a diagram for explaining a state where the liquid crystal display device according to the first embodiment of the present invention is exposed to an environment from the room temperature to -20° C.

[Fig. 7]

Fig. 7 is a diagram for explaining a state where the liquid crystal display device according to the first

embodiment of the present invention is exposed to a high temperature environment from the room temperature to 40° C.

[Fig. 8]

Fig. 8 is a graph showing a relation between an inner Pressure  $P_i$  of the liquid crystal layer and a repulsive force  $P_r$  of the spacer, when a temperature of the liquid crystal display device under a constant atmospheric pressure increases or decreases within a predetermined temperature range, for the liquid crystal display device according to the first embodiment of the present invention.

[Fig. 9]

Fig. 9 is a cross sectional view of a liquid crystal display device according to a second embodiment of the present invention.

[Fig. 10]

Fig. 10 is a diagram showing a state where a spacer is changed within a storage temperature range, for the liquid crystal display device according to a third embodiment of the present invention.

[Fig. 11]

Fig. 11 is a graph showing a relation between an inner Pressure  $P_i$  of the liquid crystal layer and a repulsive force  $P_r$  of the spacer, when a temperature of the liquid crystal display device under a constant atmospheric pressure increases or decreases within a predetermined temperature

range, for the liquid crystal display device according to the third embodiment of the present invention.

[Fig. 12]

Fig. 12 is a diagram for explaining a low temperature discharging phenomenon for a liquid crystal display device of the prior art.

[Fig. 13]

Fig. 13 is a diagram showing a distortion of a gap width (i.e., thickness derivative of a liquid crystal layer) between substrates, for a polymer-dispersed type liquid crystal display device of the prior art.

[Fig. 14]

Fig. 14 is a diagram for explaining a state where the liquid crystal display device according to a comparative example of the first embodiment of the present invention is exposed to a high temperature environment from the room temperature to 40° C.

[Fig. 15]

Fig. 15 is a graph showing a relation between an inner Pressure  $P_i$  of the liquid crystal layer and a repulsive force  $P_r$  of the spacer, when a temperature of the liquid crystal display device under a constant atmospheric pressure increases or decreases within a predetermined temperature range, for the liquid crystal display device according to a comparative example of the first embodiment of the present

invention.

[Reference Numerals]

1, 2: substrate

3: spacer

4: liquid crystal layer

5, 6: transparent electrode

7: sealing portion

22: polymer dispersed type liquid crystal layer



(19)日本国特許庁 (J P)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-13506

(P 2 0 0 1 - 1 3 5 0 6 A)

(43)公開日 平成13年1月19日(2001.1.19)

(51)Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード (参考)
G02F 1/1339	500	G02F 1/1339	500 2H089
1/1334		1/1334	

審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全16頁)

(21)出願番号 特願2000-129509(P 2000-129509)  
(22)出願日 平成12年4月28日(2000.4.28)  
(31)優先権主張番号 特願平11-124011  
(32)優先日 平成11年4月30日(1999.4.30)  
(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000005821  
松下電器産業株式会社  
大阪府門真市大字門真1006番地  
(72)発明者 西山 誠司  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内  
(72)発明者 中尾 健次  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内  
(74)代理人 100101823  
弁理士 大前 要

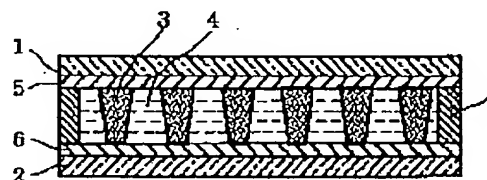
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 液晶表示素子及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】 柱状スペーサなどが硬く、弾性が小さいことによる、表示品位の温度特性を改善し、温度変化による表示品位の劣化の少ない液晶表示素子を提供することを目的とする。

【解決手段】 透明電極5、6を備えた一对の基板1、2と、一对の基板1、2間に配置され基板間隙を一定に保つためのスペーサ3と、基板1、2間に封入された液晶層4とを有する液晶表示素子において、前記スペーサ3は弾性を有しており、液晶表示素子の使用温度範囲内における温度変化に対して、前記スペーサ3の反発力と前記液晶層4の内圧との和が常にほぼ1気圧であって且つスペーサ3及び液晶層内圧がそれぞれニアに変化するように構成されている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 一对の基板間に配置され基板間隙を一定に保つための柱状スペーサと、基板間に封入された液晶層とを有する液晶表示素子において、前記スペーサは弾性を有しており、液晶表示素子の使用温度範囲内における温度変化に対して、前記スペーサの反発力と前記液晶層の内圧との和が常にほぼ大気圧と等しいことを特徴とする液晶表示素子。

【請求項2】 前記スペーサの反発力と前記液晶層の内圧との和が常にほぼ大気圧と等しく、且つスペーサ及び液晶層内圧がそれぞれニアに変化するように構成されていることを特徴とする請求項1記載の液晶表示素子。

【請求項3】 一对の基板間に配置され基板間隙を一定に保つための柱状スペーサと、基板間に封入された液晶層とを有する液晶表示素子において、前記スペーサは弾性を有しており、常温と、液晶表示素子の最高使用温度の範囲内における温度変化に対して、前記スペーサの反発力と前記液晶層の内圧との和が常にほぼ大気圧と等しいことを特徴とする液晶表示素子。

【請求項4】 前記スペーサの反発力と前記液晶層の内圧との和が常にほぼ大気圧と等しく、且つスペーサ及び液晶層内圧がそれぞれニアに変化するように構成されていることを特徴とする請求項3記載の液晶表示素子。

【請求項5】 一对の基板間に配置され基板間隙を一定に保つための柱状スペーサと、基板間に封入された液晶と高分子化合物から構成される高分子分散型液晶層とを有する液晶表示素子において、前記スペーサは弾性を有しており、液晶表示素子の保存温度範囲内における温度変化に対して、前記スペーサの反発力と前記液晶層の内圧との和が常にほぼ大気圧と等しいことを特徴とする高分子分散型の液晶表示素子。

【請求項6】 前記スペーサの反発力と前記液晶層の内圧との和が常にほぼ大気圧と等しく、且つスペーサ及び液晶層内圧がそれぞれニアに変化するように構成されていることを特徴とする請求項5記載の高分子分散型の液晶表示素子。

【請求項7】 前記スペーサは、前記一对の基板のうち少なくとも一方にパターニングプロセスにより直接形成されていることを特徴とする請求項1、3、5の何れかに記載の液晶表示素子。

【請求項8】 前記スペーサが、ポリスチレン系ポリマー化合物、アクリル系ポリマー化合物、ポリエステル系ポリマー化合物、シリコン系ポリマー化合物、ポリカーボネイト系ポリマー化合物、ポリシロキサン系ポリマー化合物、ポリエチレン系ポリマー化合物、ポリウレタン系ポリマー化合物のうちいずれかの1種類の材料もしくは2種類以上の複合材料から成ることを特徴とする請求

項7記載の液晶表示素子。

【請求項9】 前記スペーサは、一方の基板から他方の基板に向かって先細状に形成されていることを特徴とする請求項1、3、5、7の何れかに記載の液晶表示素子。

【請求項10】 前記スペーサが、前記一对の基板間で完全な中空構造もしくは一部中空構造となっていることを特徴とする請求項1、3、5、7の何れかに記載の液晶表示素子。

10 【請求項11】 前記スペーサが、前記一对の基板間の法線方向の長さの分布を有することを特徴とする請求項1、3、5、7の何れかに記載の液晶表示素子。

【請求項12】 前記スペーサが、前記一对の基板間の法線方向の長さにおいて、平均値とばらつきからなる分布を有し、ばらつきが平均値の略3%~6%の範囲にあることを特徴とする請求項11記載の液晶表示素子。

20 【請求項13】 前記スペーサの形成密度が、略5個/mm<sup>2</sup>~2000個/mm<sup>2</sup>の範囲であることを特徴とする請求項1、3、5、7の何れかに記載の液晶表示素子。

【請求項14】 前記スペーサが、上記一对の基板のうち、少なくとも一方の遮光部に形成されていることを特徴とする請求項1、3、5、7の何れかに記載の液晶表示素子。

【請求項15】 前記液晶層の内圧が略0 kgf/cm<sup>2</sup>から0.9 kgf/cm<sup>2</sup>の範囲にあることを特徴とする請求項1、3、5、7の何れかに記載の液晶表示素子。

30 【請求項16】 一对の基板間に配置され基板間隙を一定に保つための柱状スペーサと、基板間に封入された液晶層とを有する液晶表示素子の製造方法において、一对の基板の少なくとも一方に複数のスペーサを形成し、このスペーサに所定の大きさの弾性力を付与するための処理を行う工程と、

スペーサが形成された一对の基板間に封入された液晶層を形成する工程と、

液晶層形成工程と同時に、もしくは、その後に、略0.1 kgf/cm<sup>2</sup>~1.0 kgf/cm<sup>2</sup>の圧力値で基板間を均一に押圧する工程と、

40 とを含むことを特徴とする液晶表示素子の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、例えば光シャッタなどに利用される液晶表示素子及びその製造方法に関するものである。

【0002】

50 【従来の技術】 従来の一般的なツイステッドネマティック液晶（以下、TN液晶と称する）とアクティブマトリクス方式とを組み合わせた液晶表示素子は、2枚の電極付基板の間にTN液晶を挟持し、上記基板間に電圧を印

加し、この印加電圧に応じて液晶の分子の配向状態を変化させる。液晶分子は配向状態により光の透過率が変化する。このように、TN液晶は電圧により光の透過率を制御する方式（縦電界型）を用いている。液晶表示素子は、薄膜トランジスタ（以下、TFTと称する）に代表される電圧の印加、非印加を制御するスイッチング素子と画素電極を形成したアクティブマトリクス基板と、対向基板と、両基板間に封入された液晶と、両基板外側に配置された偏光板から構成される。この両基板に形成された電極間に印加された電圧により、液晶分子は配向状態を変化させ、光の透過率が変化する。

【0003】しかし、このような一般的な液晶表示素子においては、視野角、すなわち、画面を見る角度が変われば、観測者にとって透過光の旋光性が変わるため明暗の状態が変化してしまう。例えば、白表示を行っている画面に対して垂直方向の正面から、つまり画面の法線方向から見る場合コントラスト比の良い画像が見えるが、同じ画面を法線方向よりも斜め下方向から見る場合には黒っぽく見える。さらに下方向から見ると明暗が逆転するいわゆる階調反転現象が起こる。また、斜め上方向から見る場合には白っぽく見える。この現象は、液晶に基板の法線方向に電界を印加し、電界方向に沿って液晶分子を立ち上がらせることで旋光性を制御する表示方式であり、液晶分子の立ち上がり方向が決まっているために起きる。セル厚の均一性を得るために多数のスペーサという微小球を散布するために、いわゆるざらつき感などが生じやすく、表示品位に悪影響を及ぼしている。

【0004】また、このような視野角の問題を改善する方法として最近、横電界型が注目されている。横電界型は、前述のように従来の液晶表示素子が基板の法線方向に電界を印加し、液晶の配向状態を制御しているのに対して、基板に平行な横方向電界で制御する方式である。この方式は原理的に広視野角であり、しかも色調の変化が少ないため、最も効果の高い改善案として考えられている。このように横電界型液晶表示素子の視野角は縦電界型のものに比べ格段に広いが、コモン電極、ソース電極、スイッチ素子など遮光部分が多く、画素の開口率が従来のTN型より低くならざるを得ない。このためセル厚を得るために多数散布されるスペーサ粒子が表示品位へ与える悪影響は従来のTN方式よりも大きい。

【0005】これらの課題を解消し、良好な表示品位を得るため、TFTなどのスイッチング素子が形成されたアクティブマトリクス基板上の遮光部に柱状のスペーサを形成したり、カラーフィルターの画素部にブラックマトリクスに代表される遮光部に柱状スペーサを形成するなどの方法が採用されている。

【0006】従来のTN型のものにおいては、スペーサ粒子の散布を不用とする構造のものが提案されている。例えば特開平7-281295号公報ではアクティブマトリクス基板とカラーフィルタの形成されている基板の

双方に突起部を設け、これを突き合わせてスペーサ支柱とする液晶表示素子が提案されている。

【0007】横電界型のものに関しては、特開平6-214244号公報においてスペーサ粒子を用いない液晶表示素子が提案されている。この液晶表示素子では、コモン電極と画素電極（ソース電極）の両方を基板に垂直に立てるように形成し、これら両電極をスペーサ（支柱）とする事により、スペーサ粒子を必要としない。

10 【0008】また、従来の高分子分散型液晶材料（以下、PDLCと称する）とTFTなどのスイッチング素子を備えたアクティブマトリクス型基板との組合せによる液晶表示素子では、二枚の電極付基板間にマトリクス状の構造を有する高分子化合物（以下、高分子マトリクスと称する）中に、水滴状またはネットワーク状に液晶分子が分散する液晶層を挟持する構成を有している。電圧を印加した状態で、印加方向に配向している液晶分子の屈折率と前記高分子マトリクスの屈折率が等しくなるように両者の分子構造をデザインしておく。電圧印加状態では、液晶分子と高分子マトリクスとの屈折率は等しいので、PDLC層に対して入射する光は透過光となる。これに対して、電圧無印加時では液晶分子の配向方向は無秩序の方向に向いている。このため、高分子マトリクスと液晶分子との屈折率は通常異なっている。このため、PDLC層に入射する光は散乱光となる。このように、PDLCでは入射光に対して透過する状態と散乱する状態とを電圧印加の有無により切り換えている。

30 【0009】従来の高分子分散型液晶表示素子でも、良好な表示品位を実現するセル厚を得るために多数のスペーサという微小球を散布している。これら高分子分散型液晶表示素子では、高輝度ランプからの光を投射し、その映像をスクリーン上に拡大投射するプロジェクションディスプレイ用途や外光を液晶表示素子内に内付した反射板を利用して表示を行う反射型ディスプレイに用いられている。

【0010】

40 【発明が解決しようとする課題】従来のTN型液晶表示素子、もしくは、横電界型液晶表示素子で用いられている基板に予め形成されているスペーサーは、遮光部に設けることにより液晶層中のスペーサーの分散密度を見かけ上小さくすることができる。しかし、その反面、温度変化に伴う表示品位の低下という課題がある。以下、図12を用いて説明する。

【0011】まず、室温から低温側への変化として、低温発泡の問題がある。液晶表示素子100が低温下に放置された場合、液晶分子の体積が収縮する。この際、セル厚が、前記液晶分子の体積収縮に追従してセル厚方向に収縮、すなわち、薄くなる必要がある。低温発泡108とは、このような液晶分子の体積収縮に対してセル厚が追従できず、液晶層中に真空の泡が発生する現象であ

る。基板にパターンニングにより形成されたスペーサ105が硬い場合、低温下での液晶104の体積収縮に対するセル厚の収縮が上記スペーサ105によって妨害されるため、低温発泡108が生じ易い。このような低温下でのセル厚の追従性およびざらつき感のない良好な表示品位確保の観点からは、適度に弾性を有するスペーサが好ましい。

【0012】また、室温から高温への変化に際しては、表示斑の問題がある。これは、温度上昇によるセル厚のばらつきの増大に起因するものである。液晶表示素子に封入された液晶分子が加熱により膨張する。この液晶分子の温度上昇による膨張の結果、液晶表示素子内の体積は増大する。体積の増大は、基板間の間隙方向の変化すなわちセル厚の変化を引き起こす。この際、従来の液晶表示素子では、柱状スペーサがセル厚の増大に追従できない。このため、セル厚の変化は液晶分子の熱膨張によって支配されるため、セル厚のばらつきが増大し、表示品位の均一性を損なってしまうという課題があった。

【0013】さらに、高分子分散型液晶表示素子、特に、光源からの光を液晶表示素子に投影し、その映像をスクリーンへ拡大投射する方式であるプロジェクションディスプレイに用いられるものについては、セル厚確保のためのスペーサが拡大されることになる。PDLCPプロジェクションディスプレイでは、電圧無印加時は光散乱モードすなわち黒表示モード、いわゆる、ノーマリーブラックモードとなる。この際、従来の無着色球状スペーサを用いると、スペーサが散布された部分が散乱を生じず、光抜けとなってしまふ。このため、黒表示時の黒輝度が前記球状スペーサの分散密度に比例して高くなってしまい、その結果、画面としては、コントラストの低下を招くことになる。

【0014】このような電圧無印加時のスペーサからの光抜けに起因する黒輝度向上によるコントラスト低下を抑制するため、黒色もしくは遮光性を有する着色剤を添加したスペーサを用いることもある。着色したスペーサを用いて、光抜けを防止することにより、コントラストの低下は抑制できるが、新たな課題が浮上した。より高いコントラストを確保するためには、高階調での表示の均一性が重要となってくる。このため、セル厚の均一性を向上させる必要がある。セル厚均一性向上のためには、スペーサの分散密度を増大させなければならない。スペーサの分散密度を増大させると、スペーサ散布の際にスペーサ同士が接触、固まりを形成しやすくなり、これによるざらつき感が生じやすくなってしまふ。また、スペーサそのものも拡大されるので、電圧印加時にザラツキ感が生じやすくなってしまふ。このように、コントラスト、階調性を含めた良好な表示品位を確保するためにはスペーサの形状、特性などに課題があった。

【0015】また、従来の基板に直接形成されたスペーサと高分子分散型液晶表示素子との組合せでは、保存温

度での信頼性、すなわち高温放置時の信頼性という課題があった。前記の高分子分散型液晶表示素子においては、温度の急激な変動により次のような問題が生じる。以下、図13を用いて説明する。

【0016】図13(a)は、常温(例えば20℃)の場合における液晶表示素子200の状態を表している。図13(a)において、スペーサ206は、その大きさが間隙幅と同じであるため、ガラス基板201および202からほとんど圧力を受けていない。

10 【0017】図13(b)は、高温(例えば85℃)の場合における液晶表示素子の状態を表している。この場合、加熱によって高分子マトリクス205と液晶204との容積が膨張し、液晶層209の内圧が増加する。ガラス基板201および202の中央部分は、周縁部分と異なりシール部材203によって固定されていないので、増加した内圧の影響で図13(b)に示されるように変形し、周縁部分から中央部分に近づくにつれ間隙幅が大きくなる。その結果、膨張した液晶204は中央部分に集中する。

20 【0018】図13(b)の状態から急激に常温に戻すと液晶層209は収縮する。この時、中央部分に集中した液晶は完全に元の状態に戻ることができず、その多くが中央部分に取り残された状態となる。そのため図13(c)に示されるように、ガラス基板201および202間の間隙幅は、各部分で異なった状態となる。このように、従来の高分子分散型液晶表示素子では、温度の急激な変動による液晶層の膨張、収縮のため、液晶層の厚みに異常を来し、その結果、表示品位が劇的に劣化するという問題点があった。

30 【0019】[従来例の問題点]以上の従来例の問題点を要約すれば、以下の通りである。

【0020】(1)TNモード等の液晶表示素子において、室温から低温への急激な温度変化による低温発泡に起因して、低温時の使用において表示品位が劣化する。

【0021】(2)TNモード等の液晶表示素子や高分子分散型液晶表示素子において、室温から高温への急激な温度変化によるセル厚ムラの発生に起因して、高温時の使用において表示品位が劣化する。

40 【0022】(3)高分子分散型液晶表示素子を急激な温度変化を伴う状態に放置しておくと、液晶層の膨張・収縮により液晶層の厚みムラが発生し、これにより表示品位が劣化する。

【0023】(4)スペーサの形成密度の増大やスペーサの配置等に起因して画像にザラツキ感が発生し、表示品位が劣化する。

【0024】本発明は、上記従来技術の課題に鑑み、柱状スペーサが硬く、弾性が小さいことに起因した表示品位の温度特性を改善し、温度変化による表示品位の劣化の少ない液晶表示素子を提供することを目的とする。

50 【0025】もっと詳しくは、室温から低温への急激な

温度変化による液晶分子の収縮にもスペーサが追従でき、いわゆる、低温時の使用でも低温発泡のない表示品位の良好な液晶表示素子を提供することを目的とする。

【0026】また、高温時の使用でもセル厚ムラのない、表示品位の良好な液晶表示素子を提供することを目的とする。

【0027】また、使用温度範囲において低温発泡及び高温でのセル厚ムラが生じることのない、表示品位の高い高分子分散型液晶表示素子を提供することを目的とする。

【0028】また、急激な温度変化を伴う状態に放置しておいても、液晶層の膨張・収縮による液晶層の厚みムラの発生がない、表示品位の良好な高分子分散型液晶表示素子を提供することを目的とする。

【0029】また、アクティブマトリクス基板もしくは対向基板の遮光部に、柱状スペーサ（非球状のスペーサを意味する）を予め形成しておくことにより、高コントラスト、高階調に対応可能なザラツキ感のない表示品位の良好な液晶表示素子を提供することを目的とする。

【0030】更に、上記の液晶表示素子を製造する方法を提供することを目的とする。

【0031】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明は以下の手段を備えた。

【0032】本発明のうち請求項1記載の発明は、一対の基板間に配置され基板間隙を一定に保つための柱状スペーサと、基板間に封入された液晶層とを有する液晶表示素子において、前記スペーサは弾性を有しており、液晶表示素子の使用温度範囲内における温度変化に対して、前記スペーサの反発力と前記液晶層の内圧との和が常にほぼ大気圧と等しいことを特徴とする。

【0033】上記構成により、液晶表示素子の使用温度範囲内においてスペーサが常に弾性変形していることになる。この結果、低温発泡現象を防止でき、また高温でのセル厚の不均一性を防止でき、表示品位の向上を図ることができる。

【0034】また、スペーサに適度の弾性を付与することにより、スペーサの分布密度をざらツキ感のない範囲に設定することが可能となる。かかる観点からも表示品位の向上が図れる。

【0035】なお、液晶層としては、TN型液晶層、STN型液晶層の他に、高分子分散型液晶層であってもよい。

【0036】請求項2記載の発明は、請求項1記載の液晶表示素子において、前記スペーサの反発力と前記液晶層の内圧との和が常にほぼ大気圧と等しく、且つスペーサ及び液晶層内圧がそれぞれリニアに変化するように構成されていることを特徴とする。

【0037】上記の如く、スペーサ及び液晶層内圧がそれぞれリニアに変化すれば、セル厚の均一性がより向上

される。

【0038】請求項3記載の発明は、一対の基板間に配置され基板間隙を一定に保つための柱状スペーサと、基板間に封入された液晶層とを有する液晶表示素子において、前記スペーサは弾性を有しており、常温と、液晶表示素子の最高使用温度の範囲内における温度変化に対して、前記スペーサの反発力と前記液晶層の内圧との和が常にほぼ大気圧と等しいことを特徴とする。

【0039】上記構成により、高温でのセル厚の不均一性を防止でき、表示品位の向上を図ることができる。

【0040】請求項4記載の発明は、請求項3記載の液晶表示素子において、前記スペーサの反発力と前記液晶層の内圧との和が常にほぼ大気圧と等しく、且つスペーサ及び液晶層内圧がそれぞれリニアに変化するように構成されていることを特徴とする。

【0041】上記構成により、高温でのセル厚の均一性がより向上される。

【0042】請求項5記載の発明は、一対の基板間に配置され基板間隙を一定に保つための柱状スペーサと、基板間に封入された液晶と高分子化合物から構成される高分子分散型液晶層とを有する液晶表示素子において、前記スペーサは弾性を有しており、液晶表示素子の保存温度範囲内における温度変化に対して、前記スペーサの反発力と前記液晶層の内圧との和が常にほぼ大気圧と等しいことを特徴とする。

【0043】上記構成の高分子分散型液晶表示素子であれば、保存温度範囲内においてスペーサが常に弾性変形していることになる。この結果、温度の急激な変化に対して基板間の間隙幅の歪み（すなわち液晶層の厚みのばらつき）が生じることが防止でき、セル厚を一定に保つことができ、表示品位の向上を図ることができる。

【0044】請求項6記載の発明は、請求項5記載の高分子分散型液晶表示素子において、前記スペーサの反発力と前記液晶層の内圧との和が常にほぼ大気圧と等しく、且つスペーサ及び液晶層内圧がそれぞれリニアに変化するように構成されていることを特徴とする。

【0045】上記の如く、スペーサ及び液晶層内圧がそれぞれリニアに変化すれば、セル厚の均一性がより向上される。

【0046】請求項7記載の発明は、請求項1、3、5の何れかに記載の液晶表示素子において、前記スペーサは、前記一対の基板のうち少なくとも一方にパターンニングプロセスにより直接形成されていることを特徴とする。

【0047】上記構成により、スペーサの大きさ、分布密度等を考慮して、希望する弾性を付与したスペーサが得られる。

【0048】請求項8記載の発明は、前記スペーサが、ポリスチレン系ポリマー化合物、アクリル系ポリマー化合物、ポリエステル系ポリマー化合物、シリコン系ポリ

マー化合物、ポリカーボネイト系ポリマー化合物、ポリシロキサン系ポリマー化合物、ポリエチレン系ポリマー化合物、ポリウレタン系ポリマー化合物のうちいずれかの1種類の材料もしくは2種類以上の複合材料から成ることを特徴とする。

【0049】請求項9記載の発明は、請求項1、3、5、7の何れかに記載の液晶表示素子において、前記スペーサは、一方の基板から他方の基板に向かって先細状に形成されていることを特徴とする。

【0050】上記構成により、希望する弾性力を付与した弾性スペーサが得られる。

【0051】請求項10記載の発明は、請求項1、3、5、7の何れかに記載の液晶表示素子において、前記スペーサが、前記一対の基板間で完全な中空構造もしくは一部中空構造となっていることを特徴とする。

【0052】上記構成により、希望する弾性力を付与した弾性スペーサが得られる。

【0053】請求項11記載の発明は、請求項1、3、5、7の何れかに記載の液晶表示素子において、前記スペーサが、前記一対の基板間の法線方向の長さの分布を有することを特徴とする。

【0054】また、請求項12記載の発明は、請求項11記載の液晶表示素子において、前記スペーサが、前記一対の基板間の法線方向の長さにおいて、平均値とばらつきからなる分布を有し、ばらつきが平均値の大略3%～6%の範囲にあることを特徴とする。

【0055】上記構成により、スペーサの高さの分布を考慮して、スペーサに最適な弾性を付与することができる。

【0056】請求項13記載の発明は、請求項1、3、5、7の何れかに記載の液晶表示素子において、前記スペーサの形成密度が、大略5個/mm<sup>2</sup>～2000個/mm<sup>2</sup>の範囲であることを特徴とする。

【0057】上記構成により、スペーサの形成密度の分布を考慮して、スペーサに最適な弾性を付与することができる。

【0058】請求項14記載の発明は、請求項1、3、5、7の何れかに記載の液晶表示素子において、前記スペーサが、上記一対の基板のうち、少なくとも一方の遮光部に形成されていることを特徴とする。

【0059】上記構成により、開口率が向上する。

【0060】請求項15記載の発明は、請求項1、3、5、7の何れかに記載の液晶表示素子において、前記液晶層の内圧が大略0 kgf/cm<sup>2</sup>から0.9 kgf/cm<sup>2</sup>の範囲にあることを特徴とする。

【0061】スペーサが弾性変形状態であるときは、液晶層の内圧も大気圧より小さい。従って、液晶層の内圧からもスペーサの弾性変形状態を規定することができる。

【0062】請求項16記載の発明は、一対の基板間に

配置され基板間隙を一定に保つための柱状スペーサと、基板間に封入された液晶層とを有する液晶表示素子の製造方法において、一対の基板の少なくとも一方に複数のスペーサを形成し、このスペーサに所定の大きさの弾性力を付与するための処理を行う工程と、スペーサが形成された一対の基板間に封入された液晶層を形成する工程と、液晶層形成工程と同時に、もしくは、その後に、大略0.1 kgf/cm<sup>2</sup>～1.0 kgf/cm<sup>2</sup>の圧力値で基板間を均一に押圧する工程と、とを含むことを特徴とする。

【0063】基板への押圧力を規制するのは、0.1 kgf/cm<sup>2</sup>よりも小さければ、スペーサに弾性変形を生じさせることができず、1.0 kgf/cm<sup>2</sup>よりも大きければ、スペーサが塑性変形してしまうからである。

【0064】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

【0065】（実施の形態1）図1は実施の形態1に係る液晶表示素子の簡略化した断面図である。液晶表示素子は、一対のガラス基板1、2と、基板1、2間に配置され基板間隙を一定に保つための柱状スペーサ3と、基板1、2間に封入された液晶層4とを有する。ガラス基板1、2の内側面には、それぞれ透明電極5、6が形成されている。尚、図中、7は基板1、2を固着し液晶層4を封止するためのシール部である。

【0066】前記スペーサ3は弾性を有しており、液晶表示素子の使用温度範囲（本実施の形態では0°～85°）内において、弾性変形状態となっている。即ち、上記表示素子の使用温度範囲内における温度変化に対して、前記スペーサ3の反発力と前記液晶層4の内圧との和が常にほぼ1気圧であって且つスペーサ3及び液晶層4内圧がそれぞれニアに変化するように構成されている。このような構成により、低温時の使用でも低温発砲のない表示が可能となり、高温時の使用でもセル厚ムラのない表示が可能となり、表示品位を向上する。また、セル厚の均一を高めるためには、スペーサの分布密度を大きくする必要があるが、本発明においてはスペーサ3が適度の弾性を有するため、従来程度のスペーサの分布密度までは必要なく、スペーサの分布密度をざらつき感の発生しない程度に設定することができる。従って、セル厚の十分な均一性が得られ、しかも、スペーサの分布密度の増大起因したざらつき感の発生を防止でき、表示品位を向上することができる。

【0067】以下に、上記構成の液晶表示素子の製造方法について説明する。

【0068】先ず、従来と同様の方法に基づき、透明電極5、6が形成された一対の基板1、2を作製する。次いで、基板1にスペーサ3を形成する。

【0069】スペーサ3の形成方法を図2を参照して具

体的に説明する。ここでは、一例として、透明電極5が成膜された基板1にカーボンを含む感光性ポリマーを用いた工程について述べることにする。アクリル系ネガ型レジストを固形成分比38%となるように、濃度調整し、カーボンパウダーを5%混合させた。ここでカーボンパウダーは柱状スパーサを黒色に着色する手段であり、可視光を吸収する物質ならばよい。スピナーを用いて上記ガラス基板1上に均一のレジスト膜10を形成する(図2(b))。これを、回転数は500rpmで5秒間の後、1300rpmで30秒間とした。しかる後に、80℃で3分間プリベークを行った。さらに図2(c)に示すように、マスク11を用いたフォトリソグラフィ技術で以下に述べる所定形状の柱状スパーサ3を形成した。なお、この際のUV照射強度は、15mW/cm<sup>2</sup>、露光時間は3秒間とした。

【0070】従来の柱状スパーサでは、弾性が小さく、スパーサのばらつきも制御困難であることから、本実施の形態では、以下の方法でスパーサに弾性を付与した。

【0071】先ず、第一の方法としては、図3に示すような形状のスパーサを現像条件の検討などにより形成した。尚、図3(a)は弾性変形した状態のスパーサを示し、図3(b)は弾性変形する前の状態のスパーサを示している。具体的には、予め円錐状3Aもしくは三角錐状3Bもしくは四角錐状3Cもしくは多角錐状3Dなど基板間で断面が細っていく構造をとるスパーサを形成することにより、押圧した際に、液晶表示素子中のスパーサ3を弾性変形状態とする方法である。

【0072】第二には、図4に示すようにスパーサ3の内部9の一部もしくは全部を中空状態にすることにより、押圧した際に、液晶表示素子中のスパーサ3を弾性変形状態とする方法である。

【0073】第三には、レジスト中にゴム系樹脂パウダーやシリコン系樹脂パウダーを混合させることで弾性化させる方法である。樹脂パウダーの混合量は、3%以下で有効であって、弾性変形ができる。尚、樹脂であれば、上記のものに限る必要はない。

【0074】第四には、レジストの重合度を下げる方法である。レジスト中の架橋剤の濃度を下げることで、弾性化を実現した。

【0075】第五はスパーサ柱の両端を小さくする方法である。

【0076】上記のいずれの方法によっても、スパーサに弾性を付与することができる。

【0077】以下の例では、上記第一の方法、即ち、四角錐状3Cの柱状スパーサ3を用いた場合について説明する。具体的な製造は、フォトリソグラフィ技術によるエッチング工程を繰り返すことにより、底面が一辺5μmの正方形の四角錐状のスパーサ3を形成した。なお、四角錐状のスパーサの具体的な形状(例えば、底面の面積、自然長等)は、スパーサの形成の密度を考慮

し、且つ、使用温度範囲の最大温度および最小温度のいずれの温度においても、弾性変形状態を維持できるように変形量が得られる程度の弾性が付与されるように設定する必要がある。例えば、図5(a)に示すように、基板に形成された柱状スパーサの初期の高さをH1、基板間で押圧されて所定のセル厚みとなった図5(b)に示す状態での柱状スパーサの高さをH2とする(常温状態)。このとき、使用温度範囲の最小温度において、液晶層の熱収縮によるセル厚方向の長さがm1となった場合に、柱状スパーサの高さはm1に変形され、しかもこの高さはm1では柱状スパーサは弾性変形状態であることが必要であり、また、同様に使用温度範囲の最大温度において、液晶層の熱膨張によるセル厚方向の長さがm2となった場合に、柱状スパーサの高さはm2(但し、m2<H1)に変形され、しかもこの高さはm2では柱状スパーサは弾性変形状態であることが必要である。一方、スパーサの形成の密度を小さくしすぎると、セル厚の均一性が劣り、逆に大きすぎるとスパーサに起因した光漏れが大きくなる。従って、このようなスパーサの形成の密度に関連する問題を考慮して、しかも、使用温度範囲の最大温度および最小温度のいずれの温度においても、弾性変形状態を維持できるように、スパーサの形状を設定することが必要となる。

【0078】上記の考え方にに基づき、本実施の形態1では、底面が5.00μm、スパーサの高さの平均値が4.70μm、ばらつきが大略3%程度、形成の密度が大略300個/mm<sup>2</sup>となるように設定した。しかる後、200℃の温度でポストベークを行った。次に、一方の基板の周辺部にシール部7を印刷する(図3(e))。次いで、プレス装置を使用して、一對の透明電極5、6付基板1、2を重ね合わせた状態で加圧・加熱して、シール部7を硬化させる(図3(f))。その後、シール部7の一部に設けられた注入口から、一對の基板1、2で形成された隙間に液晶材料を注入し、液晶層4を形成する。

【0079】次に、セル厚を所定の値とするために、液晶表示素子を押圧する。押圧値Fを0.3kgf/cm<sup>2</sup>とした。この際、スパーサ3は弾性変形の状態に一部ある。

【0080】上記工程により作製した液晶表示素子のセル厚は平均値4.65μm、ばらつき0.12μmを得ることができ、液晶表示装置の視認性やコントラストが大幅に向上した。この際、基板面に形成したスパーサの高さの平均値が4.70μmであることから、この状態ではスパーサの一部が弾性変形状態であることがわかる。なお、柱状スパーサは、底面、高さ、形成の密度は、上記の値に限定されるものではなく、底面が、3μm以上20μm以下、スパーサの高さの平均値が3μm以上20μm以下、スパーサの形成密度が5個/mm<sup>2</sup>以上2000個/mm<sup>2</sup>以下であれば、スパーサが温度



変化に十分に追従できるという効果を発揮することが本発明者によって確認されている。

【0081】また、柱状スペーサを中空にして弾性を付与する場合においても、上記四角錐状スペーサに関する説明が当てはまる。中空状スペーサの場合には、外円の半径が $3\mu\text{m}$ 以上 $20\mu\text{m}$ 以下、内円の半径が $2\mu\text{m}$ 以上 $15\mu\text{m}$ 以下、断面積が $4\mu\text{m}^2$ 以上 $140\mu\text{m}^2$ 以下、スペーサの高さの平均値が $3\mu\text{m}$ 以上 $20\mu\text{m}$ 以下、スペーサの形成密度が $5\text{個}/\text{mm}^2$ 以上 $2000\text{個}/\text{mm}^2$ 以下であれば、スペーサが温度変化に十分に追従できるという効果を発揮することが本発明者によって確認されている。

【0082】なお、上記の具体的な数値は、スペーサ材料をアクリル系ポリマー化合物からなるネガ型レジストを用いた場合のものである。後述するように、スペーサ材料を他の材料を用いた場合であっても、上記のアクリル系ポリマー化合物の場合と同様な考え方により、スペーサの形状、形成密度を最適な数値範囲で設定すれば、上記と同様にスペーサが温度変化に十分に追従できるという効果を発揮する。

【0083】次いで、上記方法により作製された液晶表示素子を室温から $-20^\circ\text{C}$ の環境に暴露した。以下、図6を用いて説明する。図6(a)は室温時の液晶表示素子を示す。この状態において、スペーサの一部もしくは全てが弾性変形している。図6(b)は低温下での液晶表示素子の状態を示す図である。液晶層4が低温下での体積収縮のため、その厚み方向も収縮している。本実施の形態では、スペーサ3も弾性を有し、液晶層4の収縮に追従できるため、低温下でも低温発泡現象は発生しなかった。

【0084】さらに、上記方法により作製された液晶表示素子を $20^\circ\text{C}$ から $40^\circ\text{C}$ の高温での環境に曝した。以下、図7を用いて説明する。図7(a)、図7(b)、図7(c)を参照して、以下に、急激に温度変化により、本発明に係る液晶表示素子に生じる構造上の変化について説明する。

【0085】まず、図7(a)に、常温(本実施の形態では $20^\circ\text{C}$ )の場合における液晶表示素子の状態を示す。この状態では、大気圧と、液晶層4の基板1、2に対する圧力(以下、液晶層4の内圧と呼ぶ。)との差の圧力が外側から2枚のガラス基板1、2に加わり、その結果、スペーサ3が圧縮されている。

【0086】図7(b)に、図7(a)の常温状態の液晶表示素子を使用温度の上限に昇温したときの液晶表示素子の状態を示している。この状態では、加熱により液晶層4の内圧が増加している。

【0087】本実施の形態に於いては、スペーサ3の線膨張係数は $7.0\sim 10.0\times 10^{-5}$ ( $1/\text{K}$ )、液晶層4の液晶材料の線膨張係数は $7.0\times 10^{-4}$ ( $1/\text{K}$ )である。加熱による液晶層4の内圧の増加は液晶分

子の膨張に依存する。

【0088】図8に、一定大気圧の下での、液晶表示素子が所定の温度範囲で昇温及び降温される場合の液晶層4の内圧 $P_i$ とスペーサ3の反発力 $P_r$ との関係の一例を示す。尚、同図に於いては、大気圧が $1.0\text{kgf}/\text{cm}^2$ である。横軸は $20^\circ\text{C}$ から $60^\circ\text{C}$ までの範囲の温度 $T$ を示す。縦軸は、 $0.3\text{kgf}/\text{cm}^2$ から $0.7\text{kgf}/\text{cm}^2$ 間での範囲の圧力 $P$ を示す。実線 $L_1$ は、液晶層4に加わる圧力すなわち液晶層4の内圧 $P_i$ を示し、一点鎖線 $L_2$ はスペーサ3に加わる圧力すなわち単位面積あたりのスペーサ3の反発力 $P_r$ とを示す。以下、単位面積あたりのスペーサ3の反発力を単にスペーサの反発力 $P_r$ と呼ぶ。

【0089】上記温度範囲においては、液晶層4の内圧もスペーサの反発力 $P_r$ も存在し、それらの和は大気圧と等しいことがわかる。すなわち、液晶表示素子は、液晶層4の内圧とスペーサ3の反発力 $P_r$ とによって大気圧に対抗している。

【0090】温度の上昇に比例して液晶層4の内圧が上昇すると、スペーサ3の反発力 $P_r$ は減少するが、本例に於ける温度範囲( $20^\circ\text{C}$ から $60^\circ\text{C}$ )では、スペーサ3は常に反発力 $P_r$ を有する。すなわち、圧縮されているスペーサは、液晶層4内のいたる所でその反発力 $P_r$ によってガラス基板1、2を内側から押し上げて、圧縮された状態を保持する。結果的に、図7(b)に示すように、シール部7によって固定される周縁部分以外、間隙幅は均等に広がる。

【0091】図7(c)に、液晶表示素子を図7(b)に示した高温状態から常温までに低下させた状態を示す。図7(b)に示すように高温状態の液晶表示素子を冷却すると、液晶層4の内圧が減少しスペーサ3の反発力 $P_r$ は増加する。すなわち、膨張した液晶層4は、ガラス基板1、2とスペーサ3とが常に接触しながら収縮する。このため、液晶層4は、場所によって収縮度合いが異なることなく、全体的に均一に収縮する。結果として、高温状態から降温された場合でも、図7(c)に示されるように、完全に元の状態(図7(a))に戻る。

【0092】実施の形態1の比較例として弾性変形のすくない、固いスペーサ150を用いた場合の液晶表示素子の温度変化に対するスペーサの状態を図14に示し、図15に比較例の液晶層151の内圧とスペーサ150反発力との関係を示す。高温になるとスペーサ150が液晶層の膨張に追従できず、基板の中央部が大きく撓んでしまい、表示性能が劣化する。

【0093】このことは、図15にも示されている。即ち、スペーサの反発力は温度の上昇とともに急激に減少し、ある温度を越えると、0になってしまう。これは、大部分のスペーサが基板から離れていることを示す。これ以上の温度では、基板同士を張り合わせている張力の影響で中央部が膨らんでいく。尚、液晶層の内圧は温度



上昇とともに、上昇し続ける。よって、比較例では、使用温度範囲が狭く、使用温度範囲を大きくするためにはスペーサに弾性を付与する必要性が理解される。

【0094】このようにして、本実施の形態では、スペーサ3が弾性的に圧縮されている限り、温度の変動による二枚のガラス基板間の間隙幅の歪み、すなわち液晶層の厚み $T_c$ のばらつきを防止することができる。また、さらに、上記説明において温度範囲を $20^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$ としたが、本発明者の実験結果によれば、 $0^{\circ}\text{C}\sim 85^{\circ}\text{C}$ の温度範囲においてもスペーサが追従できることが立証されている。従って、液晶層4の内圧とスペーサ3の反発力 $P_r$ とが存在し、且つそれらの和が大気圧と等しい限り本発明の効果が得られることになる。例えば、液晶表示素子には用途により使用温度が異なり、この使用温度範囲で斑の発生がない必要がある。たとえば、車内で用いることが多いカーナビゲーションシステム用途では、比較的高温となるが、これに対してもスペーサの弾性、形成密度、押厚などを最適化することにより、実施可能である。他に、ノート型パーソナルコンピュータ用途、パーソナルコンピュータモニタ用途、プロジェクションディスプレイ用途、携帯情報端末及び携帯電話用途、反射型液晶テレビモニター用途など各々の使用温度範囲においても同様に実施可能である。

【0095】また、この結果、セル厚のばらつきが生じることはなかった。また、表示斑を生じることもなかった。

【0096】本発明の液晶表示素子の動作モードは、電界によって分子配列の制御を行い得る動作モードであれば如何なる動作モードでもよいが、厳しいセル厚制御が要求されるIPS(In-plane switched)モード、TNモード、STN(Super Twisted Nematic)モード、強誘電性液晶モード等に特に効果がある。液晶パネルの表示モードとしては、電圧無印加時に光が透過しない黒表示となるノーマリーブラックモード(NB)及び光が透過し白表示となるノーマリーホワイトモード(NW)のどちらをも使用することができる。スペーサ形成密度に関しては、本実施の形態では、大凡300個/ $\text{mm}^2$ としたが、大凡10個/ $\text{mm}^2$ から大凡2000個/ $\text{mm}^2$ までは、同様に実施可能である。この際、形成密度が大きくなるにしたがって、弾性変形時の応力を小さくしていく必要がある。基本的には、スペーサの高さの平均値とそのばらつきが同じであれば、スペーサの応力は形成密度に反比例する。形成密度が5個/ $\text{mm}^2$ 以下になると、セル厚を均一に保つためには、応力印加時にほとんどスペーサが変形せず、追従性がなくなり、低温発泡現象や高温時のセル厚ムラなどを生じてしまう。このように、良好な表示品位を保つためには、ある程度の形成密度は必要である。また、形成密度が2000個/ $\text{mm}^2$ を越えると、現状ではスペーサの形成が困難となるため、実施不可能である。これら、追従性を得るために、

基板面の法線方向の大きさの異なる2種類以上のスペーサを形成することも有効である。また、面内において、弾性の異なる2種類以上のスペーサを形成することも有効である。

【0097】本実施の形態では、スペーサの一部もしくは全部が弾性変形させるために、液晶材料を基板間に封入する工程において、基板間に均一に $0.3\text{kgf}/\text{cm}^2$ の圧力で押圧しているが、例えば、スペーサの形成密度、弾性などを最適化することにより、 $0.1\text{kgf}/\text{cm}^2$ から $1.0\text{kgf}/\text{cm}^2$ までの均一な押圧によっても同様に実施可能である。

【0098】さらには、スペーサの弾性挙動を記述するのに、本実施の形態ではパネル面の押圧値で規定しているが、液晶表示素子内部の液晶層4の内圧の挙動により記述しても差し支えない。この際、液晶層4の内圧の取りうる値は、大凡 $0.1\text{kgf}/\text{cm}^2$ から $1.0\text{kgf}/\text{cm}^2$ であれば、同様に実施可能である。これらの範囲外では、セル厚が液晶層の挙動に追従できなくなってしまうため、実施不可能である。

【0099】スペーサ材料として、本実施の形態では、アクリル系ポリマー化合物からなるネガ型レジストを用いたが、他にポリスチレン系ポリマー化合物、アクリル系ポリマー化合物、ポリエステル系ポリマー化合物、シリコン系ポリマー化合物、ポリカーボネイト系ポリマー化合物、ポリシロキサン系ポリマー化合物、ポリエチレン系ポリマー化合物、ポリウレタン系ポリマー化合物のうちいずれかを用いても同様に実施可能である。また上記化合物において、2種類以上を混合して用いた、共重合体もしくはポリマーアロイ化合物によっても同様に実施可能である。

【0100】また本実施の形態では、上記材料を用いてフォトリソグラフィをガラス基板面で行い、スペーサを直接形成したが、例えば上記化合物からなるプラスチック基板にプレスなどでスペーサを形成しても同様に実施可能である。

【0101】また、本実施の形態では、ガラス基板を用いた場合について述べたが、スイッチング素子としてアモルファスシリコン薄膜を用いたa-SiTFT基板、ドライバー内蔵型のポリシリコンTFT基板、さらには低温ポリシリコンTFT基板、熱アニールによる高温ポリシリコンTFT基板、また金属触媒などを他の方法で結晶化したポリシリコン基板、さらには、薄膜ダイオードTFDが形成された二端子型アクティブマトリクス基板でも、同様に実施可能である。

【0102】また、スペーサをカラーフィルターの画素部の遮光部に形成してもよい。この際、これらのスペーサが、室温から低温への温度変化の際に、液晶分子の収縮に追従するに十分な弾性を有しておけば、同様に実施可能である。

【0103】(実施の形態2)図9は実施の形態2に係

る液晶表示素子の断面図である。本実施の形態では、液晶層 4 に代えて、液晶 20 と高分子マトリクス 21 からなる高分子分散型液晶層 22 を備えた高分子分散型液晶表示素子を用いたことに特徴がある。高分子マトリクス 21 は、3 次元網目状の構造を有する高分子化合物である。液晶 20 は、高分子マトリクス 21 中に水滴状に分散する液晶、または水滴状に分散する液晶が互いに繋がったネットワーク状構造を有する液晶である。尚、液晶 20 と高分子マトリクス 21 との体積比率は、およそ 4 対 1 とされている。

【0104】このような高分子分散型液晶表示素子では、TN 型液晶表示素子、STN 型液晶表示素子、強誘電型液晶表示素子と異なり、低温発泡現象は見られない。しかし、液晶の流動性が低いため、高温側の斑はより顕著に発生する問題があった。この課題を解決するため、本実施の形態 2 に係る高分子分散型液晶表示素子は、実施の形態 1 と同様の柱状スペーサ 3 を用いた構成とした。この結果、プロジェクションディスプレイ用途のものでは、使用温度範囲 10℃ から 50℃ までセル厚が均一で良好な表示品位を保つことができた。また反射型液晶ディスプレイ用途でも使用温度範囲 10℃ から 35℃ までセル厚が均一で良好な表示品位を保つことができた。なお、高分子分散型液晶層 22 の作製は、通常の高分子分散型液晶層の作製と同様である。即ち、一対基板間に高分子前駆体と液晶材料の複合材料を真空注入法により基板間に充填し、加熱又は紫外線の照射により高分子前駆体を重合させて、液晶と高分子とを相分離させることにより高分子分散型液晶層 22 が得られる。

【0105】本実施の形態 2 では透明電極付きガラス基板を用いたが、スイッチング素子などが形成されたアクティブマトリクス基板の遮光部に同様の手法を用いて、柱状もしくは非球状のスペーサを形成しても実施可能である。なお、アクティブマトリクス基板として、アモルファス TFT 基板の他、駆動回路内蔵型の高温プロセスポリシリコン TFT 基板、低温プロセスポリシリコン TFT 基板、触媒法など他の方法により結晶化されたポリシリコン TFT 基板、また、薄膜ダイオード TFD に代表される二端子型アクティブマトリクス型基板などと平坦化プロセスとの併用により同様に実施可能である。

【0106】プロジェクションディスプレイタイプでは、カラーフィルターなどを用いず、ダイクロイックミラーなど多層膜干渉性を利用した色分離手段が用いられることもある。このため、TFT などが形成されたアクティブマトリクス基板の内、光を透過しない遮光部、例えばゲート信号線やソース信号線上、もしくはこれらが交差している部分、TFT 形成部などに対応するように対向基板上に柱状もしくは非球状のスペーサを形成することにより、高コントラスト、高階調対応可能で、ざらつき感の少ない表示品位の良好な液晶表示素子を得る

ことができる。

【0107】（実施の形態 3）図 10 は実施の形態 3 における液晶表示素子の断面図である。本実施の形態 3 の液晶表示素子は、実施の形態 2 で記述した高分子分散型液晶表示素子と同様の構成をとる。通常、高分子分散型液晶表示素子において、スペーサの弾性が小さければ厚みムラによる表示ムラが生じる。これは、高分子分散型液晶表示素子では、液晶分子の流動性が極めて小さく、高温保存時からの急激な温度変化では、元の状態に戻れないためである。このため、実施の形態 1 では使用温度範囲中で均一性を補償する必要のみであったが、高分子分散型液晶表示素子では、保存温度範囲で均一性を補償する必要がある。そこで、上記課題を解決するため、本実施の形態 3 に係る高分子分散型液晶表示素子では、実施の形態 1 において説明した方法でスペーサに弾性を付与すると共に、保存温度範囲での均一性を補償する観点から実施の形態 2 よりも更に大きな弾性力がスペーサに付与されるように構成されている。例えば、円錐状のスペーサであれば先細りの程度を実施の形態 2 よりも大きくし、中空状のスペーサであれば中空面積を大きくする。なお、使用温度範囲とは、液晶表示素子を組み込んだ表示装置を現実使用（表示）するときの周辺環境温度を意味し、保存温度とは、液晶表示素子を組み込んだ表示装置を保管するときの周辺環境温度を意味する。従って、一般的には、保存温度範囲は、使用温度範囲よりも広い温度範囲となる。なお、高分子分散型液晶層 22 の作製は、通常の高分子分散型液晶層の作製と同様である。即ち、一対基板間に高分子前駆体と液晶材料の複合材料を真空注入法により基板間に充填し、加熱又は紫外線の照射により高分子前駆体を重合させて、液晶と高分子とを相分離させることにより高分子分散型液晶層 22 が得られる。

【0108】以下、本実施の形態 3 に係る液晶表示素子の具体的内容を詳述する。

【0109】図 10 (a)、図 10 (b)、図 10 (c) を参照して、以下に急激な温度変化により、本発明に係る液晶表示素子に生じる構造上の変化について説明する。

【0110】まず、図 10 (a) に常温（本実施の形態では 20℃）の場合における液晶表示素子の状態を示す。この状態では、大気圧と複合体層 22 のガラス基板 1、2 に対する圧力（以下、液晶層の内圧と呼ぶ。）との差の圧力が外側から 2 枚のガラス基板 1、2 に加わり、その結果、スペーサ 3 が圧縮されている。

【0111】図 10 (b) に、図 10 (a) の常温状態の液晶表示素子を高温（本実施の形態では 85℃）に昇温された液晶表示素子の状態を示している。この状態では、加熱により液晶層内圧が増加している。本実施の形態に於いてはスペーサ 3 の線膨張係数は  $7.0 \sim 10.0 \times 10^{-5}$  (1/K)、液晶材料の線膨張係数は  $7.0$

$\times 10^{-4}$  (1/K)、高分子マトリクス21の線膨張係数はスペーサ3の膨張係数と同等かそれ以下である。また、液晶層22における液晶20と高分子マトリクス21との体積比率はほぼ4対1である。このため、スペーサ3及び高分子マトリクス21の膨張はほとんど無視でき、加熱による液晶層内圧の増加は液晶20の膨張に依存する。

【0112】図11に、一定大気圧の下での液晶表示素子が所定の温度範囲で昇温及び降温される場合の液晶層内圧 $P_i$ とスペーサ3の反発力 $P_r$ との関係の一例を示す。尚、同図に於いては、大気圧が $1.0 \text{ kgf/cm}^2$ である。また、横軸は $20^\circ\text{C}$ から $60^\circ\text{C}$ までの範囲の温度 $T$ を示す。縦軸は、 $0.3 \text{ kgf/cm}^2$ から $0.7 \text{ kgf/cm}^2$ 間での範囲の圧力 $P$ を示す。なお、本発明者の実験結果によれば、 $0^\circ\text{C}$ から $85^\circ\text{C}$ の温度範囲、 $0.1 \text{ kgf/cm}^2$ から $0.9 \text{ kgf/cm}^2$ の圧力範囲においても、図11と同様なリニアの特性を示すことが立証されている。ここで、図11において、実線L1は液晶層に加わる圧力すなわち液晶層内圧 $P_i$ を示し、一点鎖線L2はスペーサ3に加わる圧力すなわち単位面積あたりのスペーサ3の反発力 $P_r$ を示す。以下、単位面積あたりのスペーサ3の反発力を単にスペーサ3の反発力 $P_r$ と呼ぶ。

【0113】上記温度範囲においては、液晶層内圧もスペーサ3の反発力 $P_r$ も存在しそれらの和は大気圧と等しいことがわかる。すなわち、液晶表示素子は、液晶層内圧とスペーサ3の反発力 $P_r$ とによって大気圧に対抗している。

【0114】温度の上昇に比例して液晶層内圧が上昇するとスペーサ3の反発力 $P_r$ は減少するが、本実施の形態における $20^\circ\text{C} \sim 60^\circ\text{C}$ の保存温度範囲では、スペーサ3は常に反発力 $P_r$ を有する( $0^\circ\text{C}$ から $85^\circ\text{C}$ の温度範囲においても同様)。すなわち、圧縮されているスペーサは、液晶層22内のいたる所でその反発力 $P_r$ によってガラス基板1、2を内側から押し上げて、圧縮された状態を保持する。結果的に、図10(b)に示すように、シール部7によって固定される周縁部分以外、間隙幅は均等に広がる。

【0115】図10(c)に液晶表示素子を図10

(b)に示した高温状態から常温まで急激に低下させた状態を示す。図10(b)に示すように高温状態の液晶表示素子を冷却すると、液晶層内圧が減少しスペーサ3の反発力 $P_r$ は増加する。すなわち、膨張した液晶層22は、ガラス基板1、2とスペーサ3とが常に接触しながら収縮する。このため、液晶層22は、場所によって収縮度合いが異なることなく、全体的に均一に収縮する。結果として、高温状態から急激に降温された場合でも、図10(c)に示されるように、完全に元の状態(図10(a))に戻る。

【0116】もしも、スペーサに弾性体を用いなければ

高分子分散型液晶では、液晶分子の高分子マトリクス中の移動速度が遅いため、室温下に戻しても、液晶が元の状態に戻らず、中央部が厚く、メインシール部周辺の厚みが薄くなり、その結果表示斑となる。

【0117】また、液晶表示素子の温度を低温(例えば $0^\circ\text{C}$ )まで低下させると、液晶層の厚み $T_c$ は減少するが、この場合でも、図10に示すようにスペーサ3の反発力 $P_r$ によって、液晶層22の厚み $T_c$ が一定に保たれる。なお、低温の場合でも、液晶層内圧は存在し、液晶表示素子は、液晶層内圧とスペーサの反発力 $P_r$ とによって大気圧に対抗する。

【0118】以上のように、スペーサ3が弾性的に圧縮されている限り、温度の変動による二枚のガラス基板間の間隙幅の歪みすなわち液晶層の厚み $T_c$ のばらつきを防止することができる。また、本実施の形態では、液晶表示素子を、一対の基板がどちらも透明電極を備えた透明なガラス基板である透過型の液晶表示素子として説明したが、本実施の形態のほかに、例えば、透明電極の代りに、光を反射する反射電極を用いれば、本発明の効果を有する反射型の液晶表示素子を構成することができる。

【0119】また、反射型の液晶表示素子を構成するためには、透明電極6の代りに画素毎に分割された反射電極を設け、それらの反射電極にTFT素子から電圧を供給する構成とすることも考えられる。

【0120】またさらに、上記説明においては、温度範囲を $0^\circ\text{C}$ から $85^\circ\text{C}$ としたが、液晶層の内圧とスペーサ3の反発力 $P_r$ とが存在し、それらの和が大気圧と等しい限り本発明の効果が得られ、上記温度範囲に限定されるものではない。

【0121】以上、本発明について詳細な説明を行ったが、高分子分散型液晶表示素子内の液晶と高分子マトリクスとの形態として実施の形態で示されるような高分子マトリクス中に液晶滴が分散するNCA P(Nematic-Curvilinear-Aligned-Phase)形の代わりに、連続相を形成する液晶中に高分子化合物が3次元網目状もしくは微小粒滴状に分散するPN(Polymer-Network)形等を用いても同様に実施可能である。

【0122】また、上記実施の形態2、3では高分子前駆体と液晶材料の複合材料を真空注入法により液晶表示素子内に充填したが、常圧下で液晶表示素子内に高分子前駆体と液晶材料の複合材料を注入しても同様の効果が得られる。

【0123】また、上記実施の形態1~3では、一対の基板間を一定のセル厚に保つため少なくとも一方の透明電極付基板側に弾性を有するスペーサを形成しているが、スイッチング素子などが形成されたアクティブマトリクス基板の遮光部に同様の手法を用いて、スペーサを形成しても実施可能である。なお、アクティブマトリクス基板として、アモルファスTFT基板の他、駆動回

路内蔵型の高温プロセスポリシリコン TFT 基板、低温プロセスポリシリコン TFT 基板、触媒法など他の方法により結晶化されたポリシリコン TFT 基板、また、薄膜ダイオード TFTD に代表される二端子型アクティブマトリクス型基板などと平坦化プロセスとの併用により同様に実施可能である。

【0124】また、上記実施の形態 1～3 では、室温から低温への急激な温度変化及び室温から高温への急激な温度変化のいずれにも、スペーサが追従できるように構成されていたけれども、室温から低温への温度変化及び室温から高温への温度変化の何れか一方のみにスペーサが追従できるように構成してもよい。

【0125】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、スペーサが弾性変形状態であるため、室温から低温への急激な温度変化による液晶分子の収縮にも追従できる液晶表示素子を提供でき、いわゆる、低温時の使用でも低温発泡のない表示品位の良好な液晶表示素子を提供できる。また、高温時の使用でもセル厚ムラのない、表示品位の良好な液晶表示素子を提供するものである。また、使用温度範囲において低温発泡及び高温でのセル厚ムラが生じることのない、表示品位の高い高分子分散型液晶表示素子を提供することができる。更に、アクティブマトリクス基板もしくは対向基板の遮光部に、柱状もしくは非球状のスペーサを予め形成しておくことにより、高コントラスト、高階調に対応可能なザラツキ感のない表示品位の良好な高分子分散型液晶表示素子を得ることができる。

【0126】また、高分子分散型液晶表示素子を保存する温度範囲内において、所定の密度のスペーサが圧縮されていることにより、温度の変動による二枚のガラス基板間の間隙幅の歪み、すなわち液晶層の厚みのばらつきが生じることを防止でき、表示画像の均一性を向上させることができる。

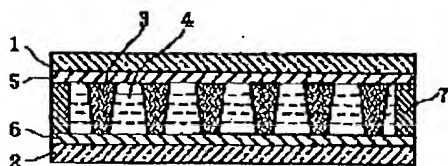
【図面の簡単な説明】

【図 1】実施の形態 1 に係る液晶表示素子の断面図である。

【図 2】実施の形態 1 に係る液晶表示素子の製造工程図である。

【図 3】実施の形態 1 に係る液晶表示素子に使用されるスペーサの形状を説明するための図である。

【図 1】



【図 4】スペーサの変形例を示す図である。

【図 5】スペーサの変形量を説明するための図である。

【図 6】実施の形態 1 に係る液晶表示素子を室温から  $-20^{\circ}\text{C}$  の環境に暴露したときの状態を説明するための図である。

【図 7】実施の形態 1 に係る液晶表示素子を室温から  $40^{\circ}\text{C}$  の高温の環境に暴露したときの状態を説明するための図である。

【図 8】実施の形態 1 に係る液晶表示素子において、一定大気圧の下での液晶表示素子が所定の温度範囲で昇温及び降温される場合の液晶層内圧  $P_i$  とスペーサの反発力  $P_r$  との関係を示すグラフである。

【図 9】実施の形態 2 に係る液晶表示素子の断面図である。

【図 10】実施の形態 3 における液晶表示素子において、保存温度範囲中でのスペーサの変化状態を示す図である。

【図 11】実施の形態 3 における液晶表示素子において、一定大気圧の下での液晶表示素子が所定の温度範囲で昇温及び降温される場合の液晶層内圧  $P_i$  とスペーサの反発力  $P_r$  との関係を示すグラフである。

【図 12】従来例の液晶表示素子における低温発泡現象を説明するための図である。

【図 13】従来例の高分子分散型液晶表示素子における基板間の間隙幅の歪み（すなわち液晶層の厚みのばらつき）現象を示す図である。

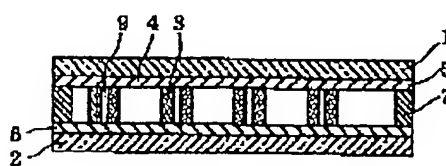
【図 14】実施の形態 1 に対する比較例の液晶表示素子を室温から  $40^{\circ}\text{C}$  の高温の環境に暴露したときの状態を説明するための図である。

【図 15】実施の形態 1 に対する比較例の液晶表示素子において、一定大気圧の下での液晶表示素子が所定の温度範囲で昇温及び降温される場合の液晶層内圧  $P_i$  とスペーサの反発力  $P_r$  との関係を示すグラフである。

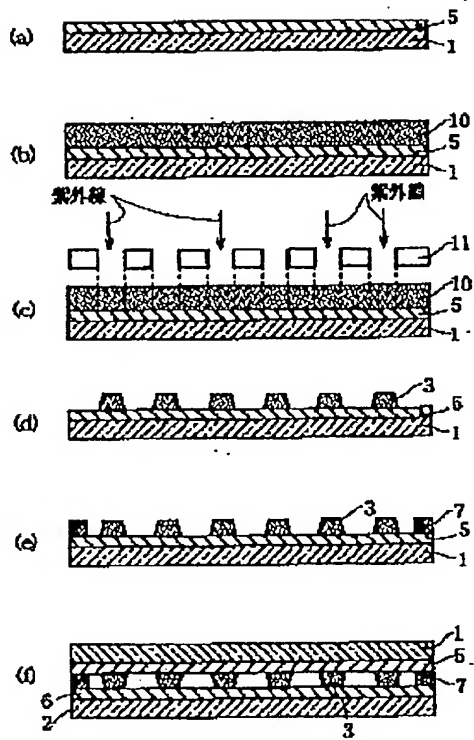
【符号の説明】

- 1, 2 : 基板
- 3 : スペーサ
- 4 : 液晶層
- 5, 6 : 透明電極
- 7 : シール部
- 22 : 高分子分散型液晶層

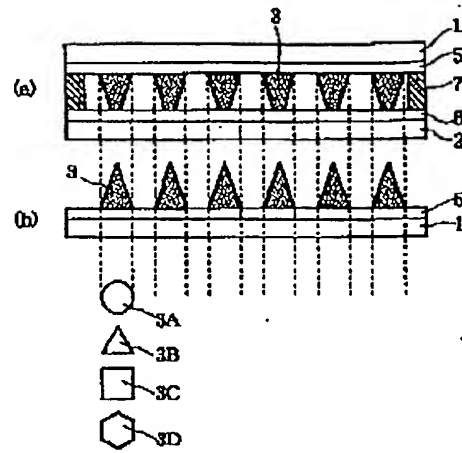
【図 4】



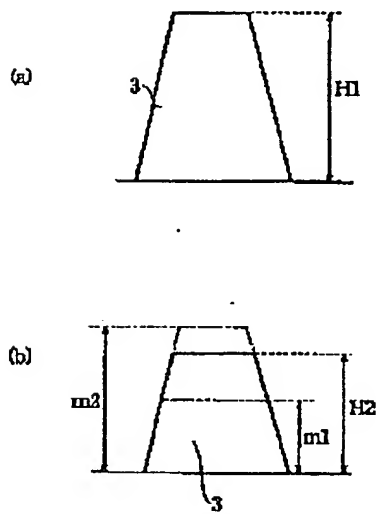
【図2】



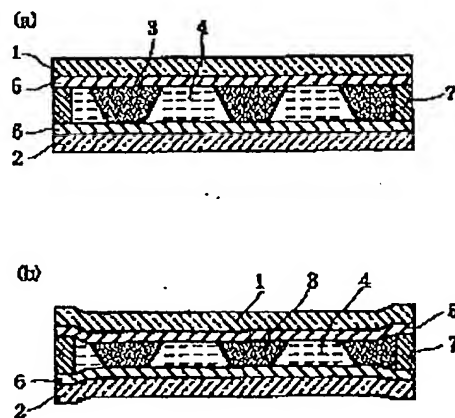
【図3】



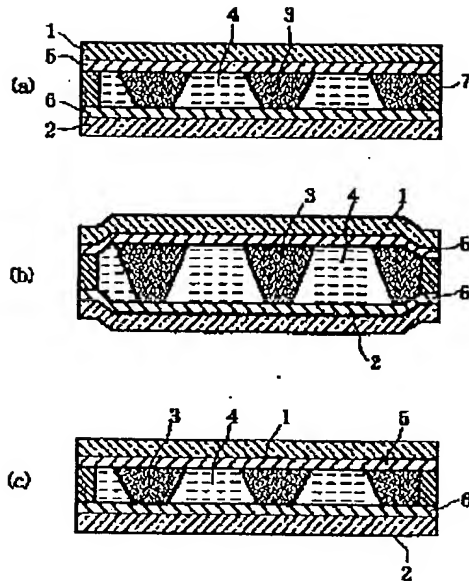
【図5】



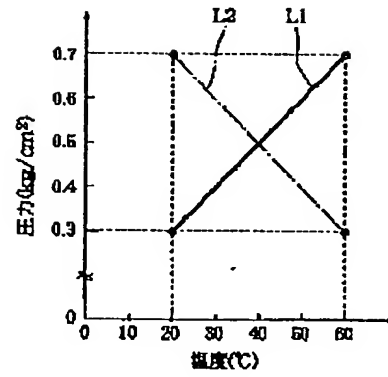
【図6】



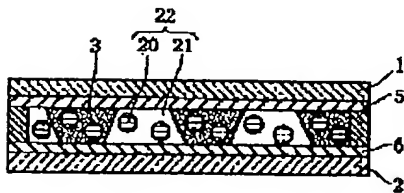
【図7】



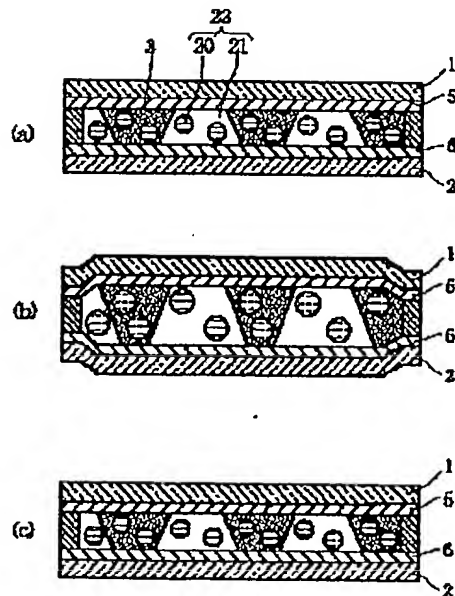
【図8】



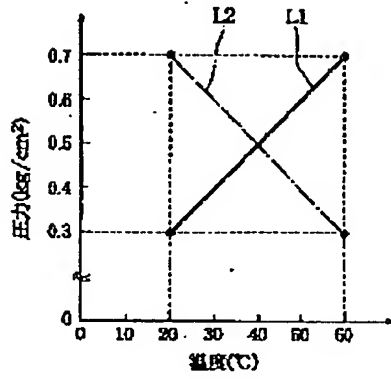
【図9】



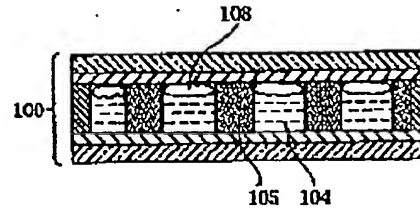
【図10】



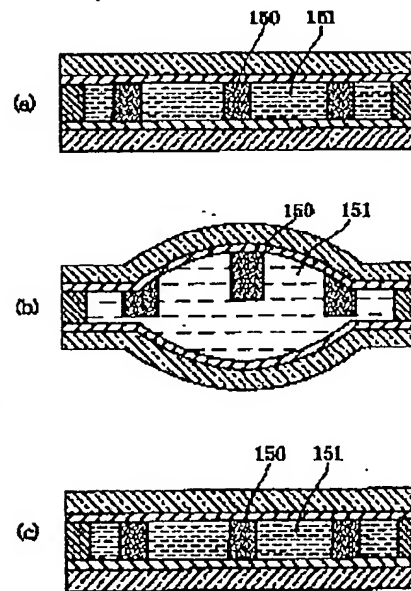
【図11】



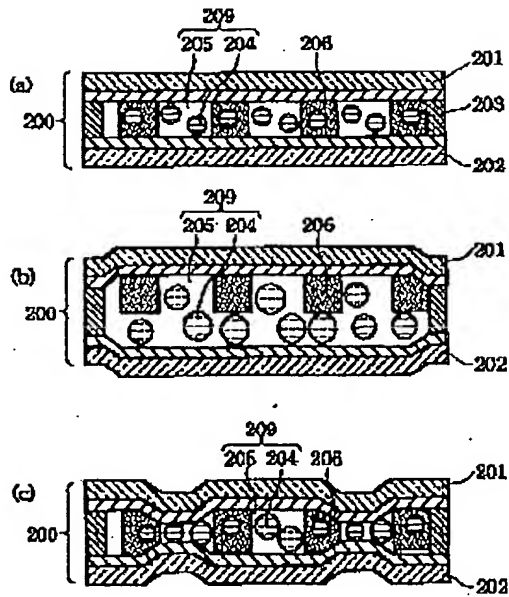
【図12】



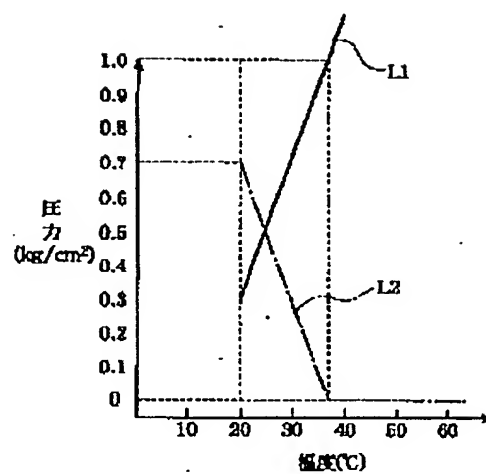
【図14】



【図13】



【図15】



フロントページの続き

(72)発明者 上村 強  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

Fターム(参考) 2H089 LA09 LA10 LA16 MA04X  
MA05X NA14 NA25 PA06  
QA04 QA14 QA16 RA05 RA10  
RA13 UA05